



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 4月19日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-118447

出 願 人

Applicant(s):

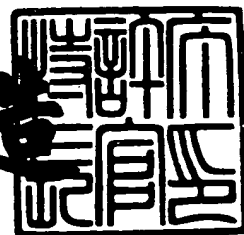
ティーディーケイ株式会社

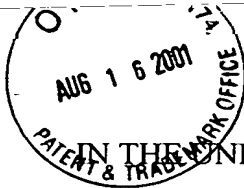
CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2001年 5月31日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造





PATENT APPLICATION

#5

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Koji SHIMAZAWA et al.

Application No.: 09/824,060

Filed: April 3, 2001

Docket No.: 109164

For: A TUNNEL MAGNETORESISTIVE EFFECTIVE ELEMENT, A THIN FILM
MAGNETIC HEAD, A MAGNETIC HEAD DEVICE AND A MAGNETIC DISK DRIVE
DEVICE

CLAIM FOR PRIORITY

Director of the U.S. Patent and Trademark Office
Washington, D.C. 20231

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 2000-118447 filed April 19, 2000

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application:

 X is filed herewith.

 was filed on in Parent Application No. filed .

 will be filed at a later date.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

James A. Oliff
Registration No. 27,075

Thomas J. Pardini
Registration No. 30,411

JAO:TJP/cmm
Date: August 16, 2001

OLIFF & BERRIDGE, PLC
P.O. Box 19928
Alexandria, Virginia 22320
Telephone: (703) 836-6400

<p>DEPOSIT ACCOUNT USE AUTHORIZATION Please grant any extension necessary for entry; Charge any fee due to our Deposit Account No. 15-0461</p>
--

【書類名】 特許願

【整理番号】 P01277

【提出日】 平成12年 4月19日

【あて先】 特許庁長官 近藤 隆彦 殿

【国際特許分類】 H01L 43/00

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケ
 イ株式会社内

 【氏名】 島沢 幸司

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケ
 イ株式会社内

 【氏名】 梅原 剛

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目13番1号 ティーディーケ
 イ株式会社内

 【氏名】 荒木 悟

【特許出願人】

 【識別番号】 000003067

 【氏名又は名称】 ティーディーケイ株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100081606

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 阿部 美次郎

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 014513

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

【物件名】	図面	1
【物件名】	要約書	1
【プルーフの要否】	要	

【書類名】 明細書

【発明の名称】 トンネル磁気抵抗効果素子、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッド装置及び磁気ディスク装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 強磁性トンネル効果膜と、磁気バイアス手段と、第 1 の導電層と、第 2 の導電層とを含むトンネル磁気抵抗効果素子であって、

前記強磁性トンネル効果膜は、トンネルバリア層を、フリー層とピンド層とによって挟んだ構造を有しており、

前記磁気バイアス手段は、前記フリー層にバイアス磁界を印加するものであり、

前記第 1 の導電層は、前記強磁性トンネル効果膜の一面側に配置され前記強磁性トンネル効果膜に電氣的に導通し、

前記第 2 の導電層は、前記強磁性トンネル効果膜の他面側に配置され前記強磁性トンネル効果膜に電氣的に導通し、

前記第 1 の導電層または第 2 の導電層の少なくとも一方は、自己に流れるセンス電流により、前記バイアス磁界と同一方向の磁界成分を生じさせるトンネル磁気抵抗効果素子。

【請求項 2】 請求項 1 に記載されたトンネル磁気抵抗効果素子であって、

前記第 1 の導電層は、第 1 の電極／磁気シールド部と、第 1 のリード電極部とを含んでおり、

前記第 1 の電極／磁気シールド部は、前記強磁性トンネル効果膜の一面側に配置されており、

前記第 1 のリード電極部は、前記第 1 の電極／磁気シールド部に流れるセンス電流が前記バイアス磁界と同一方向の磁界成分を生じさせる位置において、前記第 1 の電極／磁気シールド部の一部に電氣的に連続するトンネル磁気抵抗効果素子。

【請求項 3】 請求項 2 に記載されたトンネル磁気抵抗効果素子であって、

前記第 1 のリード電極部は、前記バイアス磁界の方向と直交する前記強磁性トンネル効果膜の中心線から、前記バイアス磁界の方向に、離れた位置において、

前記第 1 の電極／磁気シールド部の一部に電氣的に連続する
トンネル磁気抵抗効果素子。

【請求項 4】 請求項 2 または 3 の何れかに記載されたトンネル磁気抵抗効果素子であって、

前記第 2 の導電層は、第 2 の電極／磁気シールド部と、第 2 のリード電極部とを含んでおり、

前記第 2 の電極／磁気シールド部は、前記強磁性トンネル効果膜の他面側に配置されており、

前記第 2 のリード電極部は、前記第 2 の電極／磁気シールド部に流れるセンス電流が前記バイアス磁界と同一方向の磁界成分を生じさせる位置において、前記第 2 の電極／磁気シールド部の一部に電氣的に連続する
トンネル磁気抵抗効果素子。

【請求項 5】 請求項 4 に記載されたトンネル磁気抵抗効果素子であって、

前記第 2 のリード電極部は、前記バイアス磁界の方向と直交する前記強磁性トンネル効果膜の中心線から、前記バイアス磁界の方向に、離れた位置において、前記第 2 の電極／磁気シールド部の一部に電氣的に連続する
トンネル磁気抵抗効果素子。

【請求項 6】 請求項 4 または 5 の何れかに記載されたトンネル磁気抵抗効果素子であって、

前記第 1 のリード電極部、及び、前記第 2 のリード電極部は、前記中心線の両側に分けて配置されている
トンネル磁気抵抗効果素子。

【請求項 7】 請求項 4 または 5 の何れかに記載されたトンネル磁気抵抗効果素子であって、

前記第 1 のリード電極部、及び、前記第 2 のリード電極部は、前記中心線の片側に位置する
トンネル磁気抵抗効果素子。

【請求項 8】 請求項 6 または 7 の何れかに記載されたトンネル磁気抵抗効果素子であって、

前記第 1 の電極／磁気シールド部及び前記第 1 のリード電極部の間に生じる境界線上に境界長の中点として設定された第 1 の中心点、または、前記第 2 の電極／磁気シールド部及び前記第 2 のリード電極部の間に生じる境界線上に境界長の中点として設定された第 2 の中心点と、前記強磁性トンネル効果膜に設定された中心点とを結ぶ線分が、前記バイアス磁界の方向に引かれた線分に対してなす平面角が 5° 以上である

トンネル磁気抵抗効果素子。

【請求項 9】 請求項 1 乃至 8 の何れかに記載されたトンネル磁気抵抗効果素子であって、

前記磁気バイアス手段は、バイアス付与手段と、バイアス磁界誘導層とを含み、

前記バイアス付与手段は、前記バイアス磁界誘導層にバイアス磁界を印加するものであり、

前記バイアス磁界誘導層は、前記フリー層にバイアス磁界を印加するものである

トンネル磁気抵抗効果素子。

【請求項 10】 請求項 1 乃至 9 の何れかに記載されたトンネル磁気抵抗効果素子であって、

前記バイアス磁界誘導層は、フラックスガイド部を含み、前記フラックスガイド部は一端がフラックスプローブ部を構成し、前記フラックスプローブ部は前記磁気バイアス手段の全幅よりも狭い幅で突出している

トンネル磁気抵抗効果素子。

【請求項 11】 請求項 1 乃至 9 の何れかに記載されたトンネル磁気抵抗効果素子であって、

前記磁気バイアス手段は、バイアス付与手段と、バイアス磁界誘導層と、フラックスガイド層とを含み、

前記バイアス付与手段は、前記バイアス磁界誘導層にバイアス磁界を印加するものであり、

前記バイアス磁界誘導層は、前記フリー層にバイアス磁界を印加するものであ

り、

前記フラックスガイド層は、前記バイアス磁界誘導層のバイアス磁界の方向と交差するようにして、前記バイアス磁界誘導層と積層されるとともに、前記フリー層に磁氣的に結合され、一端がフラックスプローブ部を構成し、前記フラックスプローブ部はその幅が前記バイアス磁界誘導層の幅よりも狭く、前記バイアス磁界誘導層から突出している

トンネル磁気抵抗効果素子。

【請求項 1 2】 少なくとも 1 つの読み出し素子を含む薄膜磁気ヘッドであって、

前記読み出し素子は、請求項 1 乃至 1 0 の何れかに記載されたトンネル磁気抵抗効果素子でなる

薄膜磁気ヘッド。

【請求項 1 3】 請求項 1 2 に記載された薄膜磁気ヘッドであって、

更に、少なくとも 1 つの書き込み素子を含む
薄膜磁気ヘッド。

【請求項 1 4】 請求項 1 3 に記載された薄膜磁気ヘッドであって、

前記書き込み素子は、誘導型電磁変換素子であり、前記誘導型電磁変換素子は、第 1 の磁性膜、第 2 の磁性膜及びギャップ膜を含んでおり、

前記第 1 の磁性膜及び前記第 2 の磁性膜は、それぞれの一端が前記ギャップ膜によって隔てられ、書き込みポール部を構成している

薄膜磁気ヘッド。

【請求項 1 5】 請求項 1 3 に記載された薄膜磁気ヘッドであって、

前記書き込み素子は、誘導型電磁変換素子であり、前記誘導型電磁変換素子は、第 1 の磁性膜と、第 2 の磁性膜とを含み、

前記第 1 の磁性膜は、主磁極と、補助磁極とを含んでおり、

前記主磁極は、垂直書き込みポール部を構成しており、

前記補助磁極は、前記主磁極及び前記第 1 の磁性膜を磁氣的に結合している
薄膜磁気ヘッド。

【請求項 1 6】 薄膜磁気ヘッドと、ヘッド支持装置とを含む磁気ヘッド装

置であって、

前記薄膜磁気ヘッドは、請求項 1 2 乃至 1 5 の何れかに記載されたものでなり

前記ヘッド支持装置は、前記薄膜磁気ヘッドを支持する
磁気ヘッド装置。

【請求項 1 7】 磁気ヘッド装置と、磁気ディスクとを含む磁気ディスク装置であって、

前記磁気ヘッド装置は、請求項 1 6 に記載されたものでなり、

前記磁気ディスクは、前記磁気ヘッド装置との間で、磁気記録、及び、再生を行う

磁気ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、トンネル磁気抵抗効果素子（以下 TMR 素子と称する）、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッド装置及び磁気ディスク装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

ハードディスク（HDD）の高密度化に伴い、高感度、高出力のヘッドが要求されている。TMR 素子はこの要求に応えるものとして注目されている。TMR 素子は、強磁性層／トンネルバリア層／強磁性層という多層構造からなる強磁性トンネル効果膜を利用している。強磁性トンネル効果とは、トンネルバリア層を挟む一対の強磁性層間に電流を流す場合に、トンネルバリア層を流れるトンネル電流が、両方の強磁性層の磁化の相対角度に依存して変化する現象を言う。この場合のトンネルバリア層は、薄い絶縁膜であって、トンネル効果によりスピンを保存しながら電子が通過できるものである。

【0 0 0 3】

TMR 素子においては、1 2 % 以上の抵抗変化率 $\Delta R / R$ を示すことが報告されている。このような TMR 素子は、スピバルブ膜（Spin Valve 膜、以下 S V

膜と称する)を用いたセンサに代わる次世代のセンサとして期待されているものの、磁気ヘッドへの応用はまだ始まったばかりであり、当面の課題の一つとしてTMR特性を最大限生かせる新規なヘッド構造の開発が挙げられる。すなわち、強磁性トンネル効果膜そのものが、積層膜の厚さ方向に電流を流す幾何学的構造をとるために、従来提案されていない新しいヘッド構造の設計が要求される。

【0004】

TMR素子を磁気ヘッド構造に応用した従来例は、U.S.P.5,729,410、U.S.P.5,898,547、U.S.P.5,898,548、U.S.P.5,901,018などに記載されている。これらの公報では、主として超高密度記録に対応できるように技術的な改善が提案されている。しかしながら、超高密度記録に対するTMR磁気ヘッドの開発要求は、より高度なものとなり、従来にも増して高性能であるTMR磁気ヘッドの提案が待ち望まれている。

【0005】

例えば、TMR素子を薄膜磁気ヘッドの読み取り素子として用いる場合、フリー層へバイアス磁界を印加する手段をどのように構成するかは、安定動作を確保するために、極めて重要である。TMR素子の場合、電流は膜面垂直に流れるため、GMRヘッドと同様に素子端部にハードマグネットを接触させると、TMR素子がハードマグネットによって短絡されてしまい、トンネルバリア層に電流が流れなくなる。その結果TMR変化率が得られなくなり、ヘッド出力が得られなくなるという問題が発生する。

【0006】

このようなことを避けるため、U.S.P.5,729,410は、ハードマグネットとTMR素子の間を薄い絶縁層で絶縁する構造を開示している。また、本発明者らは、フラックスプローブ部を構成する軟磁性膜をT状の形状とし、フラックスプローブ部の基部を、トラック幅方向に延長し、強磁性トンネル効果膜よりも幅の広い形状とし、その両端部分にハードマグネットもしくは反強磁性層を形成する構造を提案した(特願平11-171869号)。

【0007】

しかしながら、記録の高密度化に伴い、メディアに記録される磁気的な記録パ

ターンが縮小され、それに伴い、再生ヘッドに搭載するTMR素子の面積も縮小しなくてはならない。例えば、40Gbspiの記録密度に適応させるためには、TMR素子は $0.4 \times 0.4 (\mu m^2)$ 程度のサイズにまで縮小しなくてはならない。当然、フリー層にバイアス磁界を印加するハードマグネットや反強磁性膜のサイズも小さくならざるを得ず、上述した先行技術を適用したとしても、フリー層に十分なバイアス磁界を印加することが困難になる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の課題は、超高密度記録に適用できるTMR素子、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッド装置及び磁気ディスク装置を提供することにある。

【0009】

本発明のもう一つの課題は、フリー層に印加されるバイアス磁界を増強し得るTMR素子、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッド装置及び磁気ディスク装置を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】

このような課題を解決するために、本発明に係るTMR素子は、強磁性トンネル効果膜と、磁気バイアス手段と、第1の導電層と、第2の導電層とを含む。

【0011】

前記強磁性トンネル効果膜は、トンネルバリア層を、フリー層とピンド層とによって挟んだ構造を有する。前記磁気バイアス手段は、前記フリー層にバイアス磁界を印加する。

【0012】

前記第1の導電層は、前記強磁性トンネル効果膜の一面側に配置され前記強磁性トンネル効果膜に電氣的に導通し、前記第2の導電層は、前記強磁性トンネル効果膜の他面側に配置され前記強磁性トンネル効果膜に電氣的に導通する。

【0013】

前記第1の導電層または第2の導電層の少なくとも一方は、自己に流れるセンス電流により、前記バイアス磁界と同一方向の磁界成分を生じさせる。

【 0 0 1 4 】

本発明に係る TMR 素子は、フリー層／トンネルバリア層／ピンド層という多層構造からなる強磁性トンネル効果膜を有しており、トンネルバリア層を挟むフリー層とピンド層との間に電流を流した場合、トンネルバリア層を流れるトンネル電流が、フリー層及びピンド層の間の磁化の相対角度に依存して変化する（TMR 効果）。ピンド層の磁化の方向は固定であるが、フリー層の磁化の方向は、外部磁界に応じて変化する。従って、TMR 素子に流れる電流またはその変化率を検出することにより、外部磁界を検出することができる。

【 0 0 1 5 】

本発明に係る TMR 素子は、磁気バイアス手段を含む。磁気バイアス手段は、前記フリー層にバイアス磁界を印加する。これにより、フリー層におけるバルクハウゼンノイズを除去し、高品質の検出信号を得ることができる。

【 0 0 1 6 】

本発明に係る TMR 素子は、第 1 の導電層と、第 2 の導電層とを含む。前記第 1 の導電層は、前記強磁性トンネル効果膜の一面側に配置され前記強磁性トンネル効果膜に電氣的に導通し、電極層及び磁気シールド層として兼用される。前記第 2 の導電層は、前記強磁性トンネル効果膜の他面側に配置され前記強磁性トンネル効果膜に電氣的に導通する。従って、第 1 及び第 2 の導電層により、強磁性トンネル効果膜 1 にセンス電流を供給することができる。

【 0 0 1 7 】

前記第 1 の導電層または第 2 の導電層の少なくとも一方は、自己に流れるセンス電流により、前記バイアス磁界と同一方向の磁界成分を生じさせる。従って、第 1 の導電層または第 2 の導電層に流れるセンス電流の作る磁界を利用して、フリー層に印加すべきバイアス磁界を増強することができる。

【 0 0 1 8 】

このため、高密度記録に対応して、TMR 素子の面積が縮小され、それに追従して、フリー層にバイアス磁界を印加するハードマグネットや反強磁性膜のサイズが縮小された場合も、フリー層に十分なバイアス磁界を印加することが可能になる。

【0019】

本発明は、また、強磁性トンネル効果膜に電流を流すための電極構造、強磁性トンネル効果膜に対するシールド構造、更には、TMR素子を読み出し素子として用いた薄膜磁気ヘッド、この薄膜磁気ヘッドを用いた磁気ヘッド装置及び磁気ディスク装置についても開示する。

【0020】

【発明の実施の形態】

図1は本発明に係るTMR素子の一実施例を示す斜視図、図2は図1に示したTMR素子の部分拡大平面図、図3は図1、図2に示したTMR素子の正面断面図、図4は図3の4-4線に沿った断面図である。これらの図は、本発明の特徴部分を容易に理解できるように、誇張して図示されている。図3及び図4において、ハッチングで示された部分の周囲は、セラミックス等なる非磁性絶縁層によって覆われている。

【0021】

図示されたTMR素子は、強磁性トンネル効果膜1と、磁気バイアス手段21、23、24と、第1の導電層Aと、第2の導電層Bとを含む。

【0022】

図3、4を参照すると、強磁性トンネル効果膜1は、トンネルバリア層11と、フリー層12と、ピンド層13とを含む。トンネルバリア層11は、フリー層12とピンド層13とによって挟まれている。

【0023】

フリー層12は、磁気情報である外部磁場に応答して磁化の向きが変化する。また、ピンド層13は、その磁化方向が一定方向を向くようにピン止めされている。そのため、通常、ピンド層13の磁化をピンニングするためのピン止め層14が、ピンド層13のトンネルバリア層11と接する側と反対の面に積層される。図示実施例において、強磁性トンネル効果膜1は、フリー層12、トンネルバリア層11及びピンド層13の順に積層されている。

【0024】

フリー層12の厚さは、特に限定されないが、1～8nm、好ましくは、1～

6 nm、より好ましくは1～4 nmの範囲に設定するのがよい。この厚さが、1 nm未満となると、バイアス磁界誘導層21の幅方向の幅 L_m を十分な大きさとしてすることが成膜技術上、困難になる。また、この厚さが50 nmを超えると、フリー層12内部の特性のばらつきにより、電子スピン分極率の分散が生じ、結果的にTMR変化率が減少してしまうという不都合が生じる。

【0025】

フリー層12やピンド層13を構成する材質は、高いTMR変化率が得られる高スピン分極材料が好ましく、例えば、Fe、Co、Ni、FeCo、NiFe、CoZrNb、FeCoNi等が用いられる。これらは2層以上の積層体であってもよい。フリー層12の膜厚は、前述したように1～8 nm、好ましくは1～4 nmとされる。膜厚が厚くなりすぎると、出力が低下する傾向があり、また、膜厚が薄くなりすぎると、磁気特性が不安定となりヘッド動作時のノイズが増大するという不都合が生じる。ピンド層13の膜厚は、1～10 nm、好ましくは2～5 nmとされる。膜厚が厚くなりすぎると、ピン止め層14による磁化のピンニングが弱まり、また、膜厚が薄くなりすぎると、TMR変化率が減少する傾向が生じる。

【0026】

ピンド層13の磁化をピン止めするピン止め層14は、そのピン止め機能を果たすものであれば、特に限定されないが、通常、反強磁性材料が用いられる。厚さは、通常、60～5 nm程度とされる。

【0027】

トンネルバリア層11は、 Al_2O_3 、NiO、GdO、MgO、 Ta_2O_5 、 MoO_2 、 TiO_2 、 WO_2 等から構成される。トンネルバリア層11の厚さは、素子の低抵抗化のためできるだけ薄いことが望ましいが、あまり薄すぎてピンホールが生じるとリーク電流がながれてしまい好ましくない。一般には、0.5～2 nm程度とされる。

【0028】

本発明において、フリー層12を、例えば、NiFe層（厚さ2 nm）／Ru層（厚さ0.7 nm）／NiFe層（厚さ2.5 nm）の3層積層体で例示される合成フェリ磁石（synthetic ferrimagnet）とすることも好ましい態様の一つである。この場合には、上下のNiFe層およびNiFe層の磁化方向はそれぞれ、互いに逆方向と

なる。合成フェリ磁石を用いた場合、実効的なフリー層 1 2 の厚さを薄く設定することができるため、磁場感度が向上し、出力が大きくなるというメリットがある。また、このような合成フェリ磁石は、ピンド層 1 3 にも適用できる。

【0029】

上記強磁性トンネル効果膜 1 において、トンネルバリア層 1 1 を挟むフリー層 1 2 とピンド層 1 3 との間にセンス電流 I_S を流した場合、トンネルバリア層 1 1 を流れるトンネル電流が、フリー層 1 2 及びピンド層 1 3 の間の磁化の相対角度に依存して変化する。ピンド層 1 3 の磁化の方向は固定であるが、フリー層 1 2 の磁化の方向は、外部磁界に応じて変化する。従って、TMR 素子に流れる電流またはその変化率を検出することにより、外部磁界を検出することができる。

【0030】

磁気バイアス手段 2 1、2 3、2 4 は、フリー層 1 2 にバイアス磁界 F_X を印加するものであって、実施例では、バイアス磁界誘導層 2 1 と、バイアス付与手段 2 3、2 4 とを有する。強磁性トンネル効果膜 1 はバイアス磁界誘導層 2 1 の一面に付着されている。実施例では、強磁性トンネル効果膜 1 は、フリー層 1 2、トンネルバリア層 1 1 及びピンド層 1 3 の順に積層されているので、フリー層 1 2 がバイアス磁界誘導層 2 1 の一面に接することになる。バイアス磁界誘導層 2 1 は、バイアス磁界 F_X の方向 X で見た幅が強磁性トンネル効果膜 1 の幅よりも大きくなっている。

【0031】

バイアス付与手段 2 3、2 4 は、バイアス磁界 F_X の方向 X で見て、バイアス磁界誘導層 2 1 の両端に、強磁性トンネル効果膜 1 から間隔を隔てて、備えられている。バイアス付与手段 2 3、2 4 によって発生されたバイアス磁界 F_X は、バイアス磁界誘導層 2 1 を介して、フリー層 1 2 に印加される。バイアス付与手段 2 3、2 4 は、高保磁力材料、反強磁性材料、または反強磁性層と少なくとも一層の強磁性層との積層体から構成され得る。

【0032】

第 1 の導電層 A は、強磁性トンネル効果膜 1 の一面側に配置され、強磁性トンネル効果膜 1 に電氣的に導通する。第 2 の導電層 B は、強磁性トンネル効果膜 1

の他面側に配置され、強磁性トンネル効果膜 1 に電氣的に導通する。従って、第 1 及び第 2 の導電層 A、B により、強磁性トンネル効果膜 1 にセンス電流 I_S を供給することができる。

【0033】

実施例の場合、強磁性トンネル効果膜 1 が、フリー層 12、トンネルバリア層 11 及びピンド層 13 の順に積層され、ピンド層 13 の上にピン止め層 14 を積層した構造となっており、この構造を有する強磁性トンネル効果膜 1 をバイアス磁界誘導層 21 の一面に付着させた構造となっているので、第 1 の導電層 A がフリー層 12 に接するバイアス磁界誘導層 21 に接し、第 2 の導電層 B がピン止め層 14 に接する構造となる。

【0034】

第 1 の導電層 A または第 2 の導電層 B の少なくとも一方は、自己に流れるセンス電流 I_S により、バイアス磁界 F_X と同一方向の磁界成分 F_{X1} または F_{X2} を生じさせる。従って、第 1 の導電層 A または第 2 の導電層 B に流れるセンス電流 I_S の作る磁界成分 F_{X1} または F_{X2} を利用して、フリー層 12 に印加すべきバイアス磁界 F_X を増強することができる。

【0035】

このため、高密度記録に対応して、TMR 素子の面積が縮小され、それに追従して、フリー層 12 にバイアス磁界 F_X を印加するハードマグネットや反強磁性膜のサイズが縮小された場合も、フリー層 12 に十分なバイアス磁界 F_X を印加することが可能になる。

【0036】

図示実施例において、第 1 の導電層 A 及び第 2 の導電層 B の両者が、自己に流れるセンス電流 I_S により、バイアス磁界 F_X と同一方向の磁界成分 F_{X1} 、 F_{X2} を生じさせる。従って、第 1 の導電層 A に流れるセンス電流 I_S の作る磁界成分 F_{X1} 、及び、第 2 の導電層 B に流れるセンス電流 I_S の作る磁界成分 F_{X1} を利用して、フリー層 12 に印加すべきバイアス磁界 F_X を増強することができる。

【0037】

次に、図2～図4を参照し、具体的な構造とともに、電流磁界成分 F_X1 、 F_X2 の発生メカニズムについて説明する。図2は、前述したように、図1に図示したTMR素子の平面図であるから、図2に図示された各部は、立体的構造を持つTMR素子の平面投影として表現されている。例えば、参照符号 X 、 Y 、 $XY1$ 、 $XY2$ 、 $IX1$ 、 $IX2$ 、 $IY1$ 、 $IY2$ 、 $DX1$ 、 $DX2$ 、 $\alpha1$ 、 $\alpha2$ 等は、全て、平面投影として表示されている。以下の説明で、上述した参照符号に言及するときは、全て平面投影によるものである。

【0038】

図2～図4を参照すると、第1の導電層Aは、第1の電極/磁気シールド部25、27と、第1のリード電極部291とを含んでいる。第1の電極/磁気シールド部25、27は、電極層25と、磁気シールド層27とを含む。電極層25の一面がバイアス磁界誘導層21に面接触し、電極層25の他面が磁気シールド層27の一面に面接触する構造となっている。従って、第1の導電層Aは電極層及び磁気シールド層として兼用される。

【0039】

第2の導電層Bも、第2の電極/磁気シールド部26、28と、第2のリード電極部292とを含んでいる。第2の電極/磁気シールド部26、28は、電極層26と、磁気シールド層28とを含み、電極層26の一面がピン止め層14の一面に面接触し、電極層26の他面が磁気シールド層28の一面に面接触する構造となっている。従って、第2の導電層Bも電極層及び磁気シールド層として兼用される。

【0040】

第1のリード電極部291は、第1の電極/磁気シールド部25、27を構成する電極層25に電氣的に連続する。第1のリード電極部291は、第1の電極/磁気シールド部25、27に流れるセンス電流 I_S がバイアス磁界 F_X と同一方向の磁界成分 F_X1 を生じさせる位置において、第1の電極/磁気シールド部25、27の一部に電氣的に連続する。

【0041】

より具体的には、第1のリード電極部291は、バイアス磁界 F_X の方向 X と

直交する強磁性トンネル効果膜 1 の中心線 Y から、バイアス磁界 F X の方向 X に、距離 D X 1 だけ離れた位置において、第 1 の電極／磁気シールド部 2 5、2 7 の上縁（図において）の一部に、第 1 の電極／磁気シールド部 2 5、2 7 の幅よりも十分に短い限定された境界長 L 1 を有して、電氣的に連続する。第 1 のリード電極部 2 9 1 は第 1 の電極／磁気シールド部 2 5、2 7 と同一の連続膜として形成してもよいし、異なる膜として形成してもよい。距離 D X 1 は、前述したように、平面に投影された距離である。

【 0 0 4 2 】

これにより、第 1 の電極／磁気シールド部 2 5、2 7 及び第 1 のリード電極部 2 9 1 の間に生じる境界線上に、境界長 L 1 の中点として設定された第 1 の中心点 P 1 と、強磁性トンネル効果膜 1 に設定された中心点 P 0 とを結ぶ線分 X Y 1 が、バイアス磁界 F X の方向 X に引かれた線分に対して、平面角 $\alpha 1$ で交差するようになる。本発明において、平面角とは、平面に投影された角度であって 0° 以上 90° 以下の範囲にある角度を言う。即ち、平面角 $\alpha 1$ は $0^\circ \leq \alpha 1 \leq 90^\circ$ の角度範囲において表現される。

【 0 0 4 3 】

上記構成において、第 1 の中心点 P 1 から強磁性トンネル効果膜 1 の中心点 P 0 に引かれた線分（最短距離）X Y 1 に沿って流れるセンス電流 I S を想定した場合、センス電流 I S はバイアス磁界 F X に平行な方向 X の電流成分 I X 1 と、バイアス磁界 F X に垂直な方向 Y の電流成分 I Y 1 とに分解して考えることができる。電流成分 I Y 1 は、図 3 に示すように、バイアス磁界 F X と同一の方向 X の電流磁界成分 F X 1 を生じさせる。このため、磁界成分 F X 1 を利用して、フリー層 1 2 に印加すべきバイアス磁界 F X を増強することができる。

【 0 0 4 4 】

実施例の場合、第 2 のリード電極部 2 9 2 は、第 2 の電極／磁気シールド部 2 6、2 8 を構成する電極層 2 6 に電氣的に連続する。第 2 のリード電極部 2 9 2 は、第 2 の電極／磁気シールド部 2 6、2 8 に流れるセンス電流 I S がバイアス磁界 F X と同一方向の磁界成分 F X 2 を生じさせる位置において、第 2 の電極／磁気シールド部 2 6、2 8 の一部に電氣的に連続する。

【0045】

より具体的には、第2のリード電極部292は、バイアス磁界FXの方向Xと直交する強磁性トンネル効果膜1の中心線Yから、バイアス磁界FXの方向Xに、距離DX2だけ離れた位置において、第2の電極/磁気シールド部26、28の一部に、第2の電極/磁気シールド部26、28の幅よりも十分に短い限定された境界長L2を有して、電氣的に連続する。第2のリード電極部292は第1の電極/磁気シールド部25、27と同一の連続膜として形成してもよいし、異なる膜として形成してもよい。

【0046】

これにより、第2の電極/磁気シールド部26、28及び第2のリード電極部292の間に生じる境界線上に、境界長L2の midpoint として設定された第2の中心点P2と、強磁性トンネル効果膜1に設定された中心点P0とを結ぶ線分XY2が、バイアス磁界FXの方向Xに引かれた線分に対して、平面角 α 2で交差するようになる。

【0047】

上記構成において、第2の中心点P2から強磁性トンネル効果膜1の中心点P0に引かれた線分（最短距離）XY2に沿って流れるセンス電流ISを想定した場合、センス電流ISは、バイアス磁界FXに平行な方向Xの電流成分IX2と、バイアス磁界FXに垂直な方向Yの電流成分IY2とに分解して考えることができる。電流成分IY2は、図3に示すように、バイアス磁界FXと同一の方向Xの電流磁界成分FX2を生じる。このため、磁界成分FXIを利用して、フリー層12に印加すべきバイアス磁界FXを増強することができる。平面角 α 1、 α 2は5°以上であればよい。

【0048】

第1の電極/磁気シールド部25、27に対する第1のリード電極部291の接続位置、及び、第2の電極/磁気シールド部26、28に対する第2のリード電極部292の接続位置は、第1の導電層A、及び、第2の導電層Bに流れるセンス電流により、バイアス磁界F1と同一方向の磁界成分FX1、FX2を生じさせることができる位置であればよい。図1～図4に示した実施例では、第1

のリード電極部 291、及び、第2のリード電極部 292は、中心線 Y の両側に分けて配置されている。この配置によれば、第1の導電層 A 及び第2の導電層 B の両者において、バイアス磁界 F X と同一の方向 X の電流磁界成分 F X 1、F X 2を生じさせ得ることは、前述した通りである。

【0049】

図1～図4に図示された TMR 素子は、バイアス磁界誘導層 21 を含み、バイアス磁界誘導層 21 により、フリー層 12 にバイアス磁界 F X を印加するから、フリー層 12 におけるバルクハウゼンノイズを除去し、高品質の検出信号を得ることができる。バイアス磁界誘導層 21 は、バイアス磁界 F X の方向 X で見た幅が強磁性トンネル効果膜 1 の幅よりも大きくなっているから、バイアス磁界誘導層 21 の幅方向の両端部分に、強磁性トンネル効果膜 1 から間隔を隔てて、バイアス付与手段 23、24 を形成することができる。このため、バイアス付与手段 23、24 によるフリー層 12 - ピンド層 13 間の電氣的ショート等を回避することができる。

【0050】

強磁性トンネル効果膜 1 とバイアス付与手段 23、24 との間の間隔は、TMR 変化率を実質的に低下させないようにするために所定範囲に定めることが望ましい。好ましい態様として実験的に見出された数値を挙げるならば、前記間隔は、 $0.02\mu\text{m}$ 以上、特に、 $0.02\mu\text{m}$ 以上 $0.3\mu\text{m}$ 以下の範囲、さらには $0.02\mu\text{m}$ 以上 $0.15\mu\text{m}$ 未満の範囲とすることが好ましい。

【0051】

間隔の値が、 $0.02\mu\text{m}$ 未満となると、TMR 変化率が低下する傾向にある。この一方で、この G 値が大きくなり過ぎて、 $0.3\mu\text{m}$ を超えると、有効トラック幅が広がってしまい高記録密度化への将来の要求に合致しなくなる傾向が生じる。

【0052】

また、上記の実施の形態において、バイアス付与手段 23、24 は、フリー層 12 の両端部の上側に配置されているが、これに限定されることなく下側に配置してもよい。

【 0 0 5 3 】

更に、バイアス磁界誘導層 2 1 は、一端がフラックスプローブ部 2 2 1 を構成する。このフラックスプローブ部 2 2 1 はバイアス磁界誘導層 2 1 から突出している。外部磁界は、フラックスプローブ部 2 2 1 からバイアス磁界誘導層 2 1 に導入され、更にフリー層 1 2 に印加される。従って、薄膜磁気ヘッドへの適用等において、フラックスプローブ部 2 2 1 を空気ベアリング面 A B S に位置させ、強磁性トンネル効果膜 1 は、空気ベアリング面 A B S から引っ込んだ位置に配置することができる。このため、研磨加工時、もしくは研磨加工後において、トンネルバリア層 1 1 に電氣的ショートが発生するのを回避することができる。

【 0 0 5 4 】

フラックスプローブ部 2 2 1 は、その幅が、バイアス磁界誘導層 2 1 の幅よりも狭く、バイアス磁界誘導層 2 1 から突出しているから、当該 TMR 素子を、薄膜磁気ヘッドの読み取り素子として用いた場合、ヘッドの再生トラック幅はフラックスプローブ部 2 2 1 の幅で決定される微小値に設定できる。

【 0 0 5 5 】

強磁性トンネル効果膜 1 の幅は、フラックスプローブ部 2 2 1 の幅と等しいかあるいは大きく、かつ、バイアス磁界誘導層 2 1 の幅よりも小さく設定されている。バイアス磁界誘導層 2 1 の幅は、 $0.5 \sim 4 \mu\text{m}$ 程度、フラックスプローブ部 2 2 1 の幅は、 $0.1 \sim 2 \mu\text{m}$ 程度とされる。

【 0 0 5 6 】

さらに、フラックスプローブ部 2 2 1 の突出量は、 $0.01 \sim 0.3 \mu\text{m}$ 、好ましくは、 $0.01 \sim 0.2 \mu\text{m}$ 、さらに好ましくは、 $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$ に設定される。この値は限りなく 0 に近い方がよいが、小さくなるにつれ、静電破壊の危険性が生じたり、あるいは研磨工程における、フリー層 1 2 とピンド層 1 3 との電氣的ショートの危険性が生じる。従って、下限値は、 $0.01 \mu\text{m}$ 程度とするのがよい。一方、突出量が、 $0.3 \mu\text{m}$ を超えると、出力が低下したり、幅方向のバイアス磁界 F X が不十分となりバルクハウゼンノイズが生じたりしてしまう。

【 0 0 5 7 】

図5は第1のリード電極部291及び第2のリード電極部292の別の配置を示す平面図である。図において、図2に現れた構成部分と同一の構成部分については、同一の参照符号を付してある。この実施例では、第1のリード電極部291は、平面角 $\alpha 1 = 90^\circ$ 、距離 $DX1 = 0$ となる位置に配置されている。第2のリード電極部292の位置は、図2の場合とほぼ同じである。この場合にも、第1の導電層A及び第2の導電層Bの両者において、バイアス磁界FXと同一の方向Xの電流磁界成分FX1、FX2を生じさせ得る。

【0058】

図6は第1のリード電極部291及び第2のリード電極部292の更に別の配置を示す平面図である。図において、図2に現れた構成部分と同一の構成部分については、同一の参照符号を付してある。この実施例では、第1のリード電極部291及び第2のリード電極部292は、共に、中心線Yの片側（図において中心線Yよりも左側）に位置する。この場合にも、第1の導電層A及び第2の導電層Bの両者において、バイアス磁界FXと同一の方向Xの電流磁界成分FX1、FX2を生じさせ得る。

【0059】

図7は第1のリード電極部291及び第2のリード電極部292の更に別の配置を示す平面図である。図において、図2に現れた構成部分と同一の構成部分については、同一の参照符号を付してある。この実施例では、第1のリード電極部291は、バイアス磁界FXの方向Xにある一側面において、第1の導電層Aに連続し、第2のリード電極部292は、バイアス磁界FXの方向Xにある他側面において、第2の導電層Bに連続している。第1のリード電極部291及び第2のリード電極部292の位置は、第1の導電層A及び第2の導電層Bの側面に沿い、図において、上下方向に移動し得る。この場合にも、 $\alpha 1, \alpha 2 > 0^\circ$ 、好ましくは $\alpha 1, \alpha 2 \geq 5^\circ$ の角度範囲において、バイアス磁界FXと同一の方向Xの電流磁界成分FX1、FX2を生じさせ得る。

【0060】

第1のリード電極部291及び第2のリード電極部292の配置に関しては、図1～図7に図示されものの組み合わせ、または、これらか自明な組み合わせが

、種々存在することは明らかである。

【0061】

図8は本発明に係るTMR素子の別の実施例を示す斜視図、図9は図8に示したTMR素子の正面断面図、図10は図9の10-10線に沿った断面図である。図において、先に説明した図面に現れた構成部分と同一の構成部分については、同一の参照符号を付してある。図示されたTMR素子は、フラックスガイド層22を含む。フラックスガイド層22は、フリー層12に磁氣的に結合され、その一端がフラックスプローブ部221を構成する。このフラックスプローブ部221はバイアス磁界誘導層21から突出している。外部磁界は、フラックスプローブ部221から導入され、フラックスガイド層22を通して、フリー層12に印加される。従って、薄膜磁気ヘッドへの適用等において、フラックスプローブ部221を空気ベアリング面ABSに位置させ、強磁性トンネル効果膜1は、空気ベアリング面ABSから引っ込んだ位置に配置することができる。このため、研磨加工時、もしくは研磨加工後において、トンネルバリア層11に電氣的ショートが発生するのを回避することができる。

【0062】

フラックスプローブ部221は、その幅が、バイアス磁界誘導層21の幅よりも狭く、バイアス磁界誘導層21から突出しているから、当該TMR素子を、薄膜磁気ヘッドの読み取り素子として用いた場合、ヘッドの再生トラック幅はフラックスプローブ部221の幅で決定される微小値に設定できる。

【0063】

しかも、フラックスガイド層22は、バイアス磁界誘導層21とは別の層となっているから、フラックスガイド層22は、バイアス磁界誘導層21とは別の成膜プロセスによって、形成することができる。

【0064】

フラックスガイド層22は、バイアス磁界誘導層21のバイアス磁界FXの方向Xと交差しており、一端がフラックスプローブ部221を構成している。従って、フラックスガイド層22が、その端部において、丸みを生じた場合にも、その丸み部分を除去し、幅寸法の安定した中間部分を、フラックスプローブ部22

1として利用することができる。このため、高精度の読み取りトラック幅を有するTMR素子を得ることができる。

【0065】

図8～図10に示した実施例においても、第1のリード電極部291は、第1の電極/磁気シールド部25、27に流れるセンス電流ISがバイアス磁界FXと同一方向の磁界成分FX1を生じさせる位置において、第1の電極/磁気シールド部25、27の一部に電氣的に連続する。第2のリード電極部292は、第2の電極/磁気シールド部26、28を構成する電極層26に電氣的に連続する。第2のリード電極部292は、第2の電極/磁気シールド部26、28に流れるセンス電流ISがバイアス磁界FXと同一方向の磁界成分FX2を生じさせる位置において、第2の電極/磁気シールド部26、28の一部に電氣的に連続する。これにより、磁界成分FX1、FX2（図9参照）を利用して、フリー層12に印加すべきバイアス磁界FXを増強することができる。

【0066】

図11は本発明に係るTMR素子の別の実施例を示す斜視図、図12は図11に示したTMR素子の拡大断面図、図13は図12の13-13線に沿った断面図である。図において、図1～3に現れた構成部分と同一の構成部分については、同一の参照符号を付してある。この実施例では、強磁性トンネル効果膜1は、フリー層12、トンネルバリア層11及びピンド層13の順に積層されている。フラックスガイド層22は、フリー層12と同体形成されている。フラックスガイド層22は、フリー層12と同体であるが、バイアス磁界誘導層21とは別層であり、バイアス磁界誘導層21の上に積層されている。

【0067】

第1のリード電極部291は、第1の電極/磁気シールド部25、27に流れるセンス電流ISがバイアス磁界FXと同一方向の磁界成分FX1を生じさせる位置において、第1の電極/磁気シールド部25、27の一部に電氣的に連続する。

【0068】

第2のリード電極部292は、第2の電極/磁気シールド部26、28を構成

する電極層 2 6 に電氣的に連続する。第 2 のリード電極部 2 9 2 は、第 2 の電極／磁気シールド部 2 6、2 8 に流れるセンス電流 I_S がバイアス磁界 F_X と同一方向の磁界成分 F_{X2} を生じさせる位置において、第 2 の電極／磁気シールド部 2 6、2 8 の一部に電氣的に連続する。これにより、磁界成分 F_{X1} 、 F_{X2} (図 1 2 参照) を利用して、フリー層 1 2 に印加すべきバイアス磁界 F_X を増強することができる。

【 0 0 6 9 】

図 1 4 は本発明に係る TMR 素子の別の実施例を示す正面断面図、図 1 5 は図 1 4 の 1 5 - 1 5 線に沿った断面図である。図において、図 1 ~ 3 に現れた構成部分と同一の構成部分については、同一の参照符号を付してある。この実施例では、強磁性トンネル効果膜 1 は、ピンド層 1 3、トンネルバリア層 1 1 及びフリー層 1 2 の順に積層した構造を有する。バイアス磁界誘導層 2 1 はフリー層 1 2 に隣接し、フラックスガイド層 2 2 はバイアス磁界誘導層 2 1 の上に積層されている。フラックスガイド層 2 2 は、バイアス磁界誘導層 2 1 とは別層である。

【 0 0 7 0 】

第 1 のリード電極部 2 9 1 は、第 1 の電極／磁気シールド部 2 5、2 7 に流れるセンス電流 I_S がバイアス磁界 F_X と同一方向の磁界成分 F_{X1} を生じさせる位置において、第 1 の電極／磁気シールド部 2 5、2 7 の一部に電氣的に連続する。

【 0 0 7 1 】

第 2 のリード電極部 2 9 2 は、第 2 の電極／磁気シールド部 2 6、2 8 を構成する電極層 2 6 に電氣的に連続する。第 2 のリード電極部 2 9 2 は、第 2 の電極／磁気シールド部 2 6、2 8 に流れるセンス電流 I_S がバイアス磁界 F_X と同一方向の磁界成分 F_{X2} を生じさせる位置において、第 2 の電極／磁気シールド部 2 6、2 8 の一部に電氣的に連続する。これにより、磁界成分 F_{X1} 、 F_{X2} (図 1 4 参照) を利用して、フリー層 1 2 に印加すべきバイアス磁界 F_X を増強することができる。

【 0 0 7 2 】

図 1 6 は本発明に係る TMR 素子の別の実施例を示す正面断面図、図 1 7 は図

16の17-17線に沿った断面図である。図において、図1～3に現れた構成部分と同一の構成部分については、同一の参照符号を付してある。この実施例では、強磁性トンネル効果膜1は、ピンド層13、トンネルバリア層11及びフリー層12の順に積層した構造を有する。バイアス磁界誘導層21は、フリー層12と同体に形成されている。フラックスガイド層22は、バイアス磁界誘導層21とは別層であり、バイアス磁界誘導層21の上に積層されている。

【0073】

第1のリード電極部291は、第1の電極/磁気シールド部25、27に流れるセンス電流ISがバイアス磁界FXと同一方向の磁界成分FX1を生じさせる位置において、第1の電極/磁気シールド部25、27の一部に電氣的に連続する。

【0074】

第2のリード電極部292は、第2の電極/磁気シールド部26、28を構成する電極層26に電氣的に連続する。第2のリード電極部292は、第2の電極/磁気シールド部26、28に流れるセンス電流ISがバイアス磁界FXと同一方向の磁界成分FX2を生じさせる位置において、第2の電極/磁気シールド部26、28の一部に電氣的に連続する。これにより、磁界成分FX1、FX2（図16参照）を利用して、フリー層12に印加すべきバイアス磁界FXを増強することができる。

【0075】

図8～図17に示した実施例においても、第1及び第2のリード電極部291、292は、図5～図7を参照して説明した位置を採り得ることは自明である。

【0076】

図18は上述したTMR素子を読み出し素子として用い、誘導型電磁変換素子を書き込み素子として用いた面内記録用薄膜磁気ヘッドの斜視図、図19は図18に示した薄膜磁気ヘッドの拡大断面図を示している。図示の薄膜磁気ヘッドは、スライダ4の上に本発明に係るTMR素子で構成された読み出し素子6及び誘導型磁気変換素子でなる書き込み素子5を有する。矢印A1は媒体走行方向を示す。図において、寸法は部分的に誇張されており、実際の寸法とは異なる。

【0077】

スライダ4は、媒体対向面側にレール41、42を有し、レールの表面がABS43、44として利用される。レール41、42は2本に限らない。1～3本のレールを有することがあり、レールを持たない平面となることもある。また、浮上特性改善等のために、媒体対向面に種々の幾何学的形状が付されることもある。何れのタイプのスライダ4であっても、本発明の適用が可能である。また、スライダ4は、レールの表面に、例えば8～10nm程度の膜厚を有するDLC等の保護膜を備えることもあり、このような場合は保護膜の表面がABS43、44となる。スライダ4は Al_2O_3 -TiC等なる基体410の表面に Al_2O_3 、 SiO_2 等の無機絶縁膜420を設けたセラミック構造体である。

【0078】

書き込み素子5及び読み取り素子6は、レール41、42の一方または両者のトレーリング、エッジTRの側に備えられている。書き込み素子5及び読み取り素子6は、スライダ4に備えられ、電磁変換のための端部がABS43、44と近接した位置にある。トレーリング、エッジTRの側にあるスライダ側面には、書き込み素子5に接続された取り出し電極45、46及び読み取り素子6に接続された取り出し電極47、48がそれぞれ設けられている。

【0079】

書き込み素子5は、読み取り素子6に対する第2のシールド膜を兼ねている第1の磁性膜51、第2の磁性膜52、コイル膜53、アルミナ等なるギャップ膜54、絶縁膜55及び保護膜56などを有している。第2のシールド膜は、第1の磁性膜51から独立して備えられていてもよい。

【0080】

第1の磁性膜51及び第2の磁性膜52の一端部（先端部）510、520は微小厚みのギャップ膜54を隔てて対向するポール部となっており、ポール部において書き込みを行なう。第1及び第2の磁性膜51、52は、単層であってもよいし、複層膜構造であってもよい。第1及び第2の磁性膜51、52の複層膜化は、例えば、特性改善を目的として行われることがある。ポール部の構造に関しても、トラック幅の狭小化、記録能力の向上等の観点から、種々の改良、及び

、提案がなされている。本発明においては、これまで提案された何れのポール構造も採用できる。ギャップ膜 5 4 は非磁性金属膜またはアルミナ等の無機絶縁膜によって構成される。

【 0 0 8 1 】

第 2 の磁性膜 5 2 は、ポール部の側において、ギャップ膜 5 4 の面と平行な面に対して、ある角度で傾斜して立ち上がる。第 2 の磁性膜 5 2 は、更に、第 1 の磁性膜 5 1 との間にインナーギャップを保って、A B S 4 3、4 4 の後方に延び、後方において第 2 の磁性膜 5 2 に結合されている。これにより、第 1 の磁性膜 5 1、第 2 の磁性膜 5 2 及びギャップ膜 5 4 を巡る薄膜磁気回路が完結する。

【 0 0 8 2 】

コイル膜 5 3 は、第 1 及び第 2 の磁性膜 5 1、5 2 の間に挟まれ、後方結合部の周りを渦巻き状に回る。コイル膜 5 3 の両端は、取り出し電極 4 5、4 6 に導通されている（図 3 7 参照）。コイル膜 5 3 の巻数および層数は任意である。コイル膜 5 3 は絶縁膜 5 5 の内部に埋設されている。

【 0 0 8 3 】

絶縁膜 5 5 は第 1 及び第 2 の磁性膜 5 1、5 2 の間のインナーギャップの内部に充填されている。絶縁膜 5 5 の表面には第 2 の磁性膜 5 2 が備えられている。絶縁膜 5 5 は、有機絶縁樹脂膜またはセラミック膜で構成する。セラミック膜の代表例は、 Al_2O_3 膜または SiO_2 膜である。絶縁膜 5 5 をセラミック膜によって構成すると、有機絶縁膜を用いた場合に比較して、絶縁膜 5 5 の熱膨張が小さくなるので、最大突出量を低減するのによい結果が得られる。

【 0 0 8 4 】

保護膜 5 6 は、保護膜 5 6 は書き込み素子 5 の全体を覆っている。これにより、書き込み素子 5 の全体が、保護膜 5 6 によって保護されることになる。保護膜 5 6 は Al_2O_3 または SiO_2 等の無機絶縁材料で構成されている。

【 0 0 8 5 】

読み取り素子 6 は、本発明に係る TMR 素子で構成されている。この読み取り素子 6 は、第 1 のシールド膜 6 1 と、第 2 のシールド膜 6 3 との間において、絶縁膜 6 3 の内部に配置されている。絶縁膜 6 3 はアルミナ等によって構成されて

いる。読み取り素子6は第1のシールド膜61及び第2のシールド膜62に導通する取り出し電極47、48に接続されている（図18参照）。

【0086】

図20は垂直記録用薄膜磁気ヘッドの拡大断面図である。図示された垂直記録用薄膜磁気ヘッドにおいて、第2の磁性膜52は、主磁極525と、補助磁極526とを含んでいる。主磁極525は垂直書き込みポール部を構成し、補助磁極526は主磁極525及び第1の磁性膜51を磁氣的に結合する。第1の磁性膜51は主磁極525から生じた磁束の戻り磁路を構成する。コイル膜53は主磁極525及び補助磁極526の周りに巻かれている。他の構造は、図18に示した面内記録用薄膜磁気ヘッドと実質的に同じであるので、説明は省略する。垂直記録用薄膜磁気ヘッドを用いた磁気記録の特徴は、磁気ディスクの磁気記録膜を、膜面と垂直となる方向に磁化して磁気記録を行うので、極めて高い記録密度を実現できることである。

【0087】

図21は本発明に係る磁気ヘッド装置の一部を示す正面図、図22は図41に示した磁気ヘッド装置の底面図である。磁気ヘッド装置は、薄膜磁気ヘッド8と、ヘッド支持装置7とを含んでいる。薄膜磁気ヘッド8は図18～図20を参照して説明した本発明に係る薄膜磁気ヘッドである。

【0088】

ヘッド支持装置7は、金属薄板でなる支持体73の長手方向の一端にある自由端に、同じく金属薄板でなる可撓体71を取付け、この可撓体71の下面に薄膜磁気ヘッド8を取付けた構造となっている。

【0089】

可撓体71は、支持体73の長手方向軸線と略平行して伸びる2つの外側枠部75、76と、支持体73から離れた端において外側枠部75、76を連結する横枠74と、横枠74の略中央部から外側枠部75、76に略平行するように延びていて先端を自由端とした舌状片72とを有する。

【0090】

舌状片72のほぼ中央部には、支持体73から隆起した、例えば半球状の荷重

用突起 77 が設けられている。この荷重用突起 77 により、支持体 73 の自由端から舌状片 72 へ荷重力が伝えられる。

【0091】

舌状片 72 の下面に薄膜磁気ヘッド 8 を接着等の手段によって取付けてある。薄膜磁気ヘッド 8 は、空気流出側端側が横枠 74 の方向になるように、舌状片 72 に取付けられている。本発明に適用可能なヘッド支持装置 7 は、上記実施例に限らない。

【0092】

図 23 は本発明に係る磁気ディスク装置の構成を模式的に示す図である。図示された磁気ディスク装置は、磁気ヘッド装置 9 と、磁気ディスク 10 とを含む。磁気ヘッド装置 9 は図 21、22 に図示したものである。磁気ヘッド装置 9 は、ヘッド支持装置 7 の一端が位置決め装置 11 によって支持され、かつ、駆動される。磁気ヘッド装置の薄膜磁気ヘッド 8 は、ヘッド支持装置 7 によって支持され、磁気ディスク 10 の磁気記録面と対向するように配置される。

【0093】

磁気ディスク 10 が、図示しない駆動装置により、矢印 A1 の方向に回転駆動されると、薄膜磁気ヘッド 8 が、微小浮上量で、磁気ディスク 10 の面から浮上する。図 23 に図示された磁気ディスク装置はロータリー、アクチュエータ方式と称される駆動方式であり、ヘッド支持装置 7 の先端部に取り付けられた薄膜磁気ヘッド 8 は、ヘッド支持装置 7 を回転駆動する位置決め装置 11 により、磁気ディスク 10 の径方向 b1 または b2 に駆動され、磁気ディスク 10 上の所定のトラック位置に位置決めされる。そして、所定のトラック上で、書き込み素子 5 による磁気記録、及び、TMR 素子を有する読み取り素子 6 による読み取り動作が行われる。

【0094】

以上、好ましい実施例を参照して本発明の内容を具体的に説明したが、本発明の基本的技術思想及び教示に基づいて、当業者であれば、種々の変形態様を採り得ることは自明である。

【0095】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、次のような効果を得ることができる。

(a) 超高密度記録に適用できる TMR 素子、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッド装置及び磁気ディスク装置を提供することができる。

(b) フリー層に印加されるバイアス磁界を増強し得る TMR 素子、薄膜磁気ヘッド、磁気ヘッド装置及び磁気ディスク装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明に係る TMR 素子の一実施例を示す斜視図である。

【図 2】

図 1 に示した TMR 素子の部分拡大平面図である。

【図 3】

図 1、図 2 に示した TMR 素子の正面断面図である。

【図 4】

図 3 の 4 - 4 線に沿った断面図である。

【図 5】

本発明に係る TMR 素子における第 1 のリード電極部及び第 2 のリード電極部の別の配置を示す平面図である。

【図 6】

本発明に係る TMR 素子における第 1 のリード電極部及び第 2 のリード電極部の更に別の配置を示す平面図である。

【図 7】

本発明に係る TMR 素子における第 1 のリード電極部及び第 2 のリード電極部の更に別の配置を示す平面図である。

【図 8】

本発明に係る TMR 素子の別の実施例を示す斜視図である。

【図 9】

図 8 に示した TMR 素子の部分拡大平面図である。

【図 10】

図 9 の 1 0 - 1 0 線に沿った断面図である。

【図 1 1】

本発明に係る TMR 素子の更に別の実施例を示す斜視図である。

【図 1 2】

図 1 1 に示した TMR 素子の正面断面図である。

【図 1 3】

図 1 2 の 1 3 - 1 3 線に沿った断面図である。

【図 1 4】

本発明に係る TMR 素子の更に別の実施例を示す正面断面図である。

【図 1 5】

図 1 4 の 1 3 - 1 3 線に沿った断面図である。

【図 1 6】

本発明に係る TMR 素子の更に別の実施例を示す正面断面図である。

【図 1 7】

図 1 6 の 1 7 - 1 7 線に沿った断面図である。

【図 1 8】

本発明に係る TMR 素子を読み出し素子として用い、誘導型電磁変換素子を書き込み素子として用いた面内記録用薄膜磁気ヘッドの斜視図ある。

【図 1 9】

図 1 8 に示した薄膜磁気ヘッドの拡大断面図である。

【図 2 0】

本発明に係る TMR 素子を読み出し素子として用いた垂直記録用薄膜磁気ヘッドの拡大断面図である。

【図 2 1】

本発明に係る磁気ヘッド装置の一部を示す正面図である。

【図 2 2】

本発明に係る磁気ヘッド装置の一部を示す正面図である。

【図 2 3】

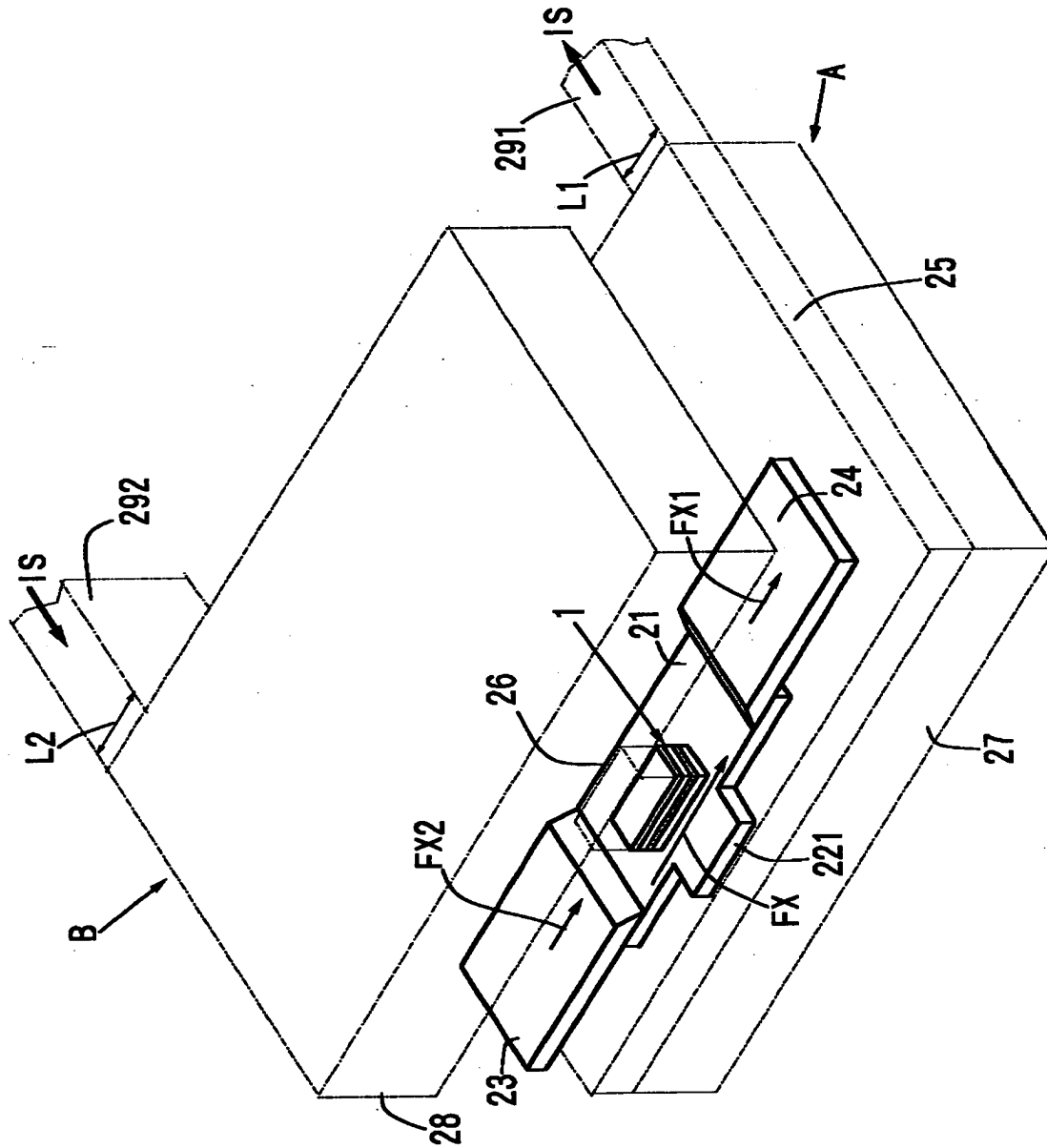
本発明に係る磁気ディスク装置の構成を模式的に示す図である。

【符号の説明】

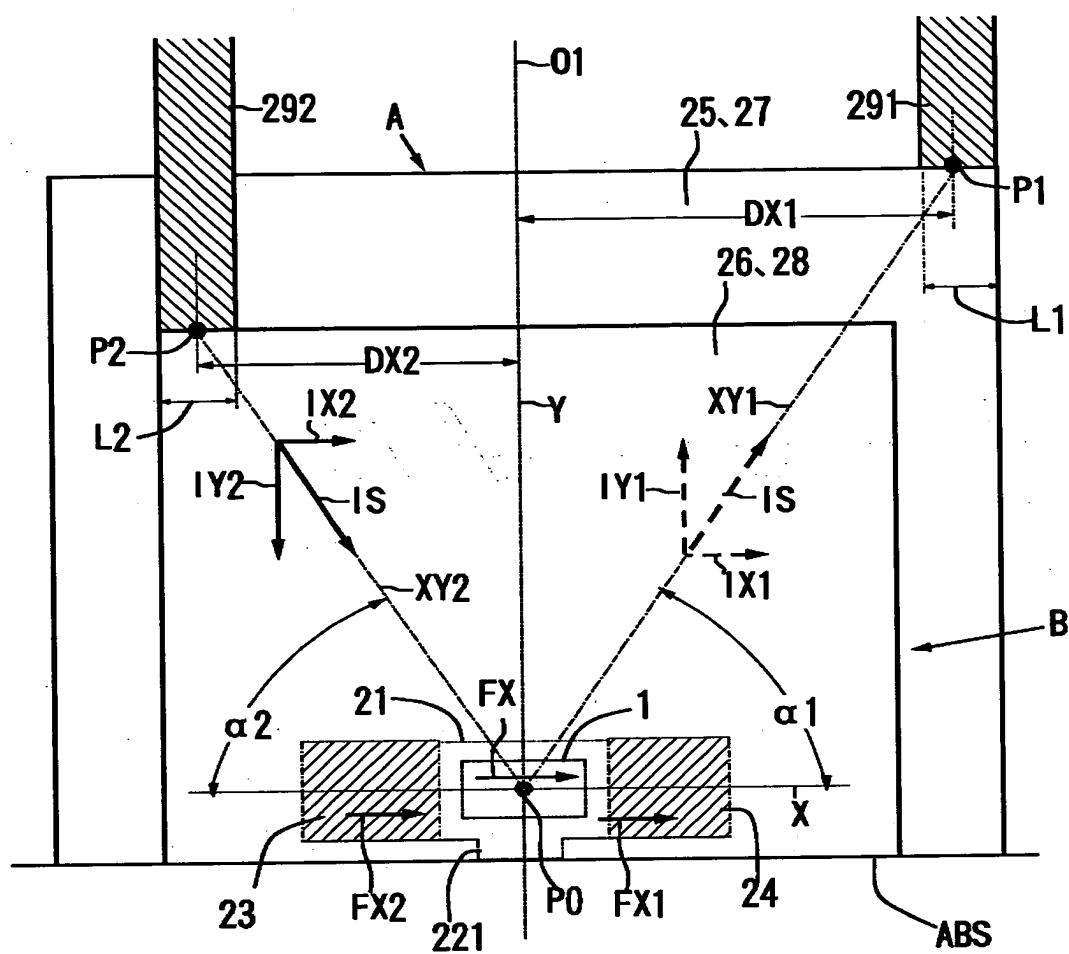
1	強磁性トンネル効果膜
1 1	トンネルバリア層
1 2	フリー層
1 3	ピンド層
2 5、2 7	第 1 の電極／磁気シールド部
2 6、2 8	第 2 の電極／磁気シールド部
2 9 1	第 1 のリード電極部
2 9 2	第 2 のリード電極部
A	第 1 の導電層
B	第 2 の導電層

【書類名】 図面

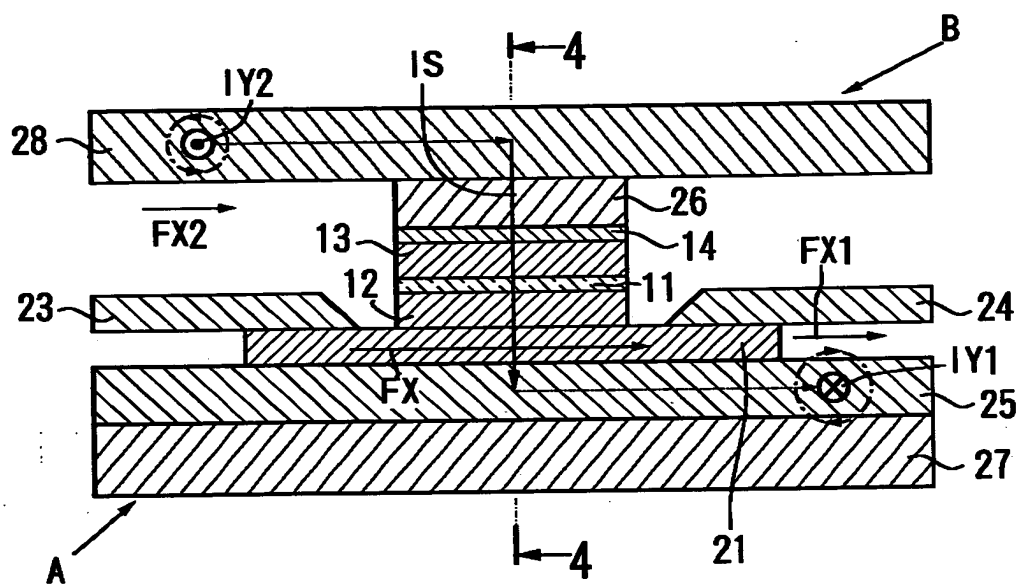
【図 1】



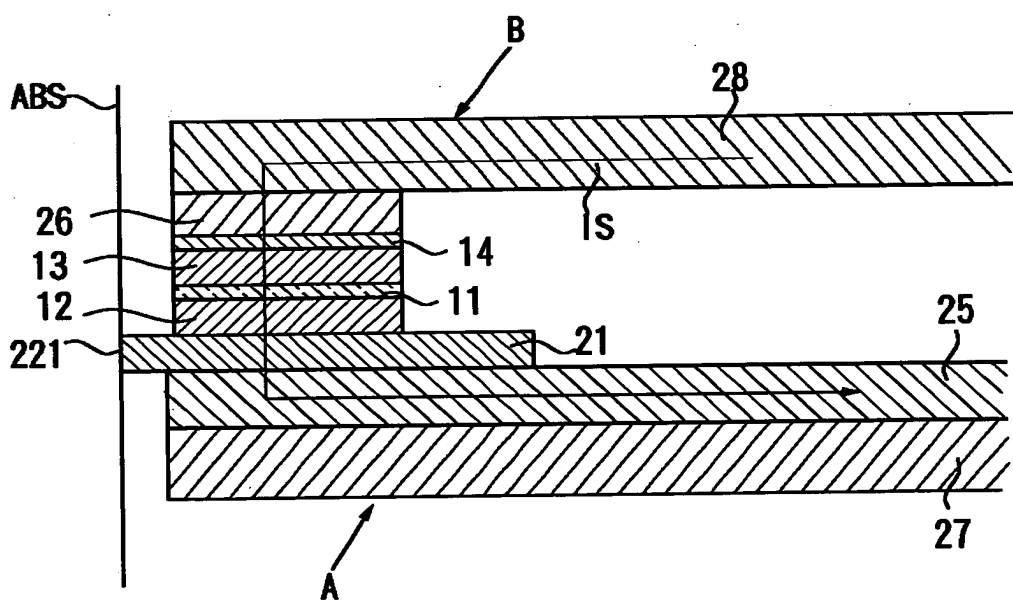
【図2】



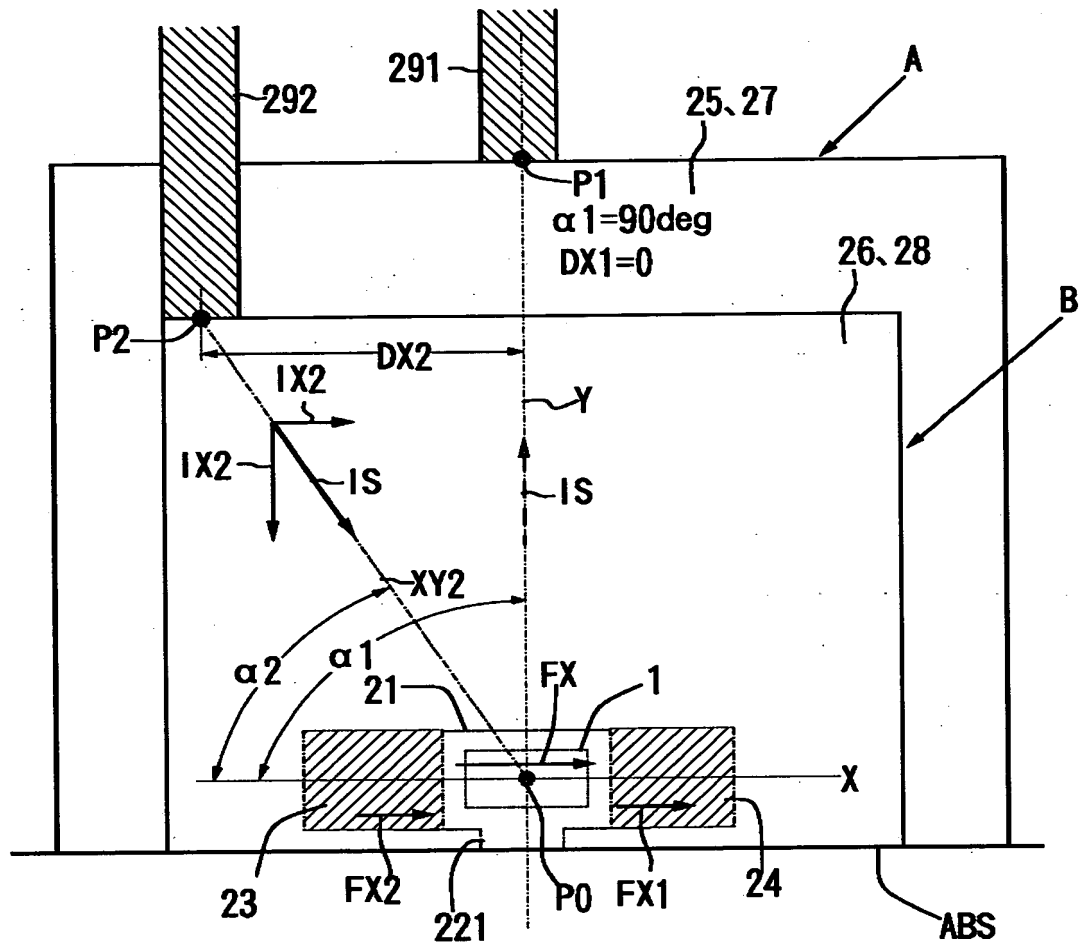
【図 3】



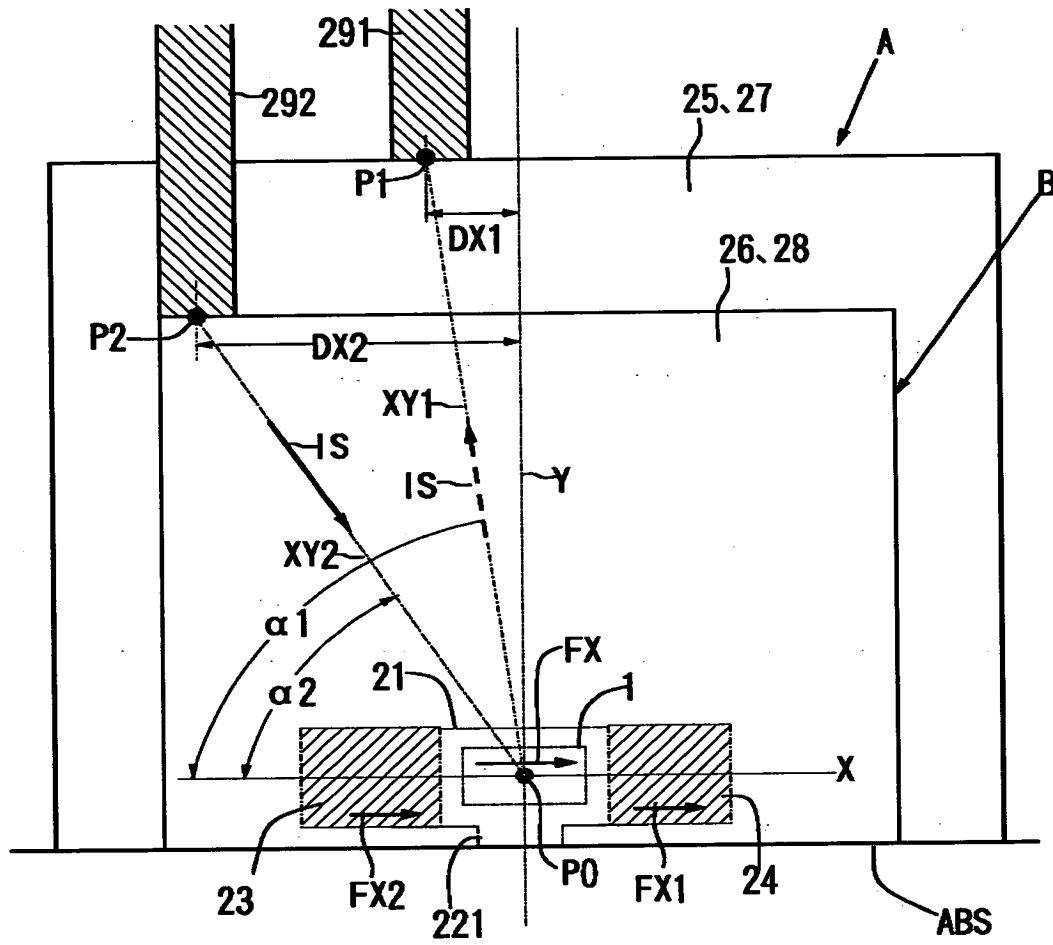
【図 4】



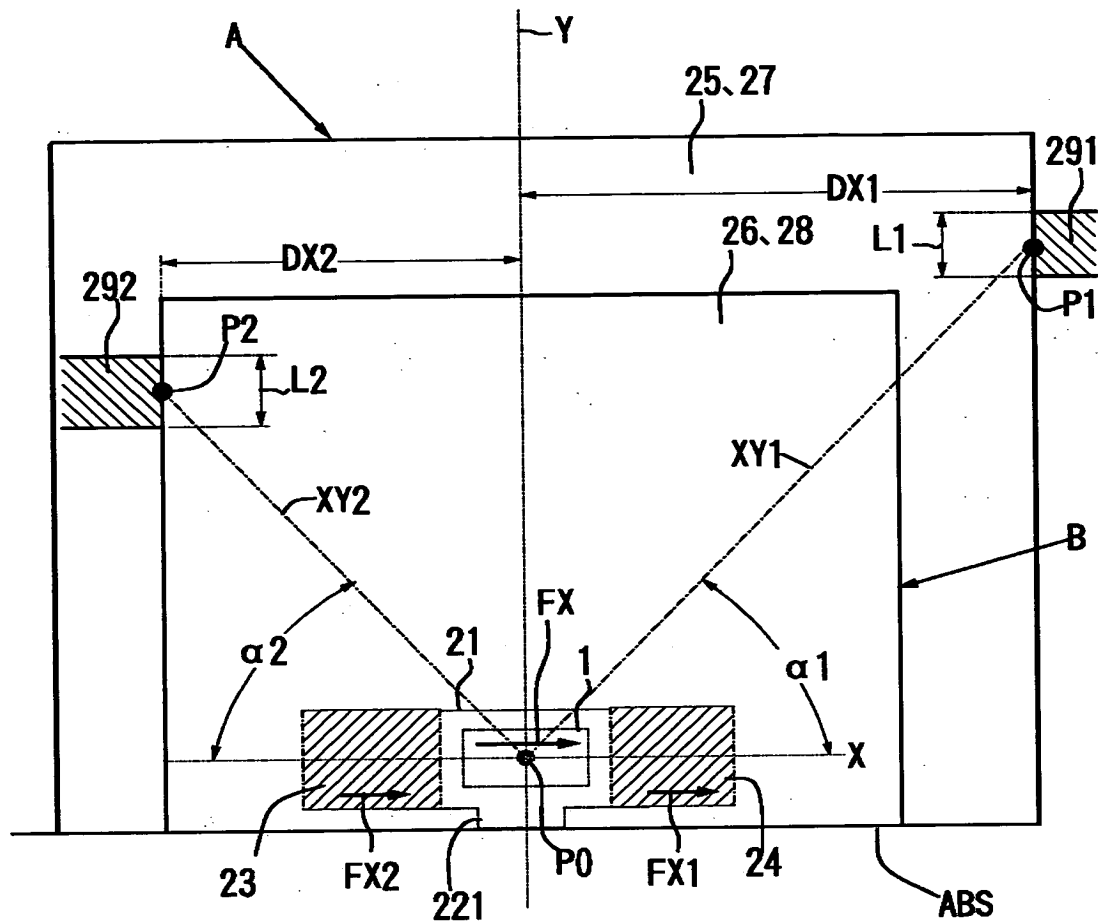
【図 5】



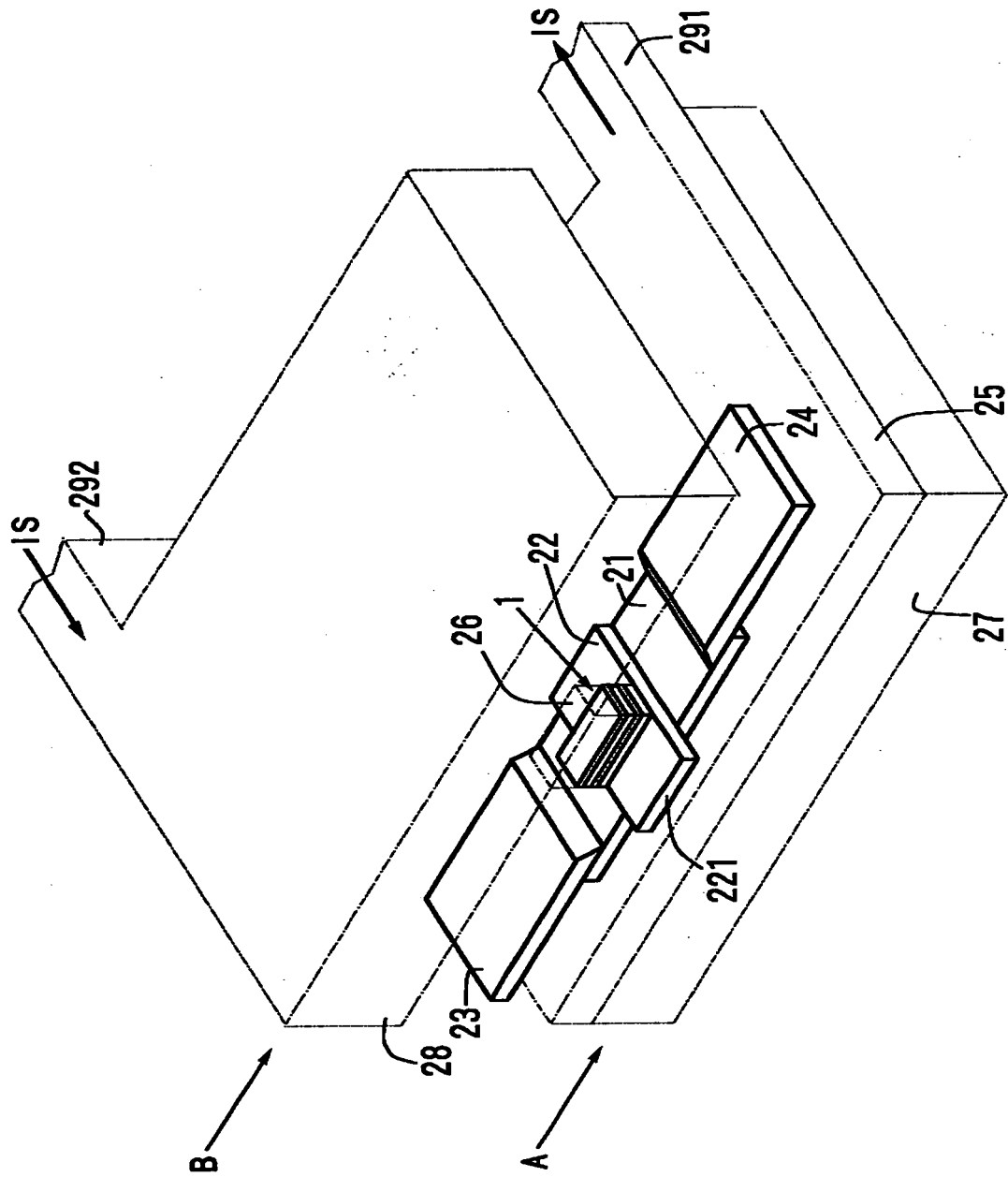
【図 6】



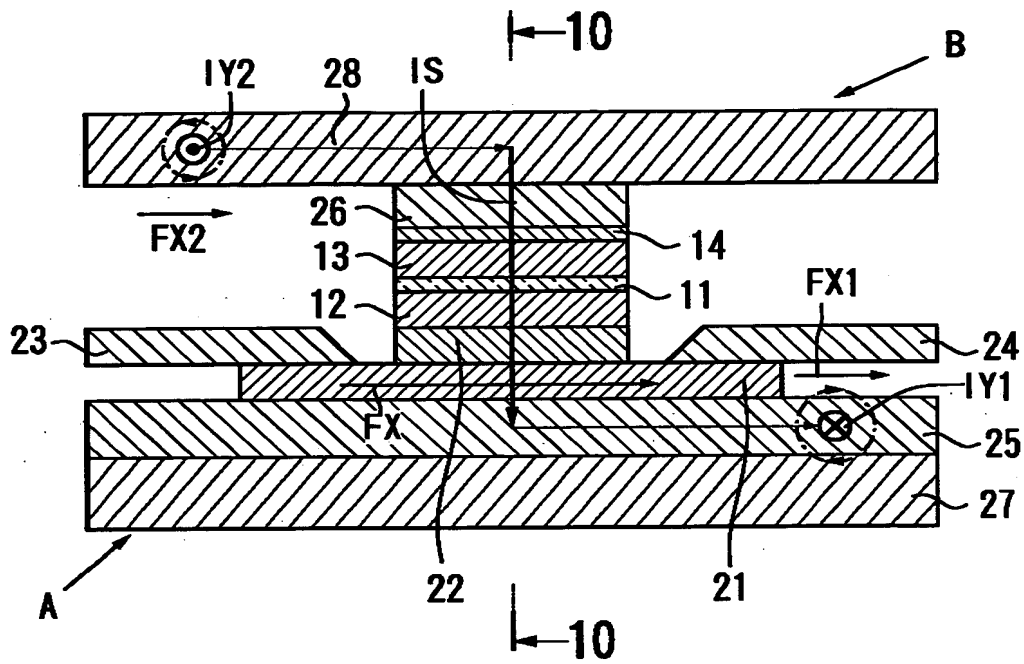
【図 7】



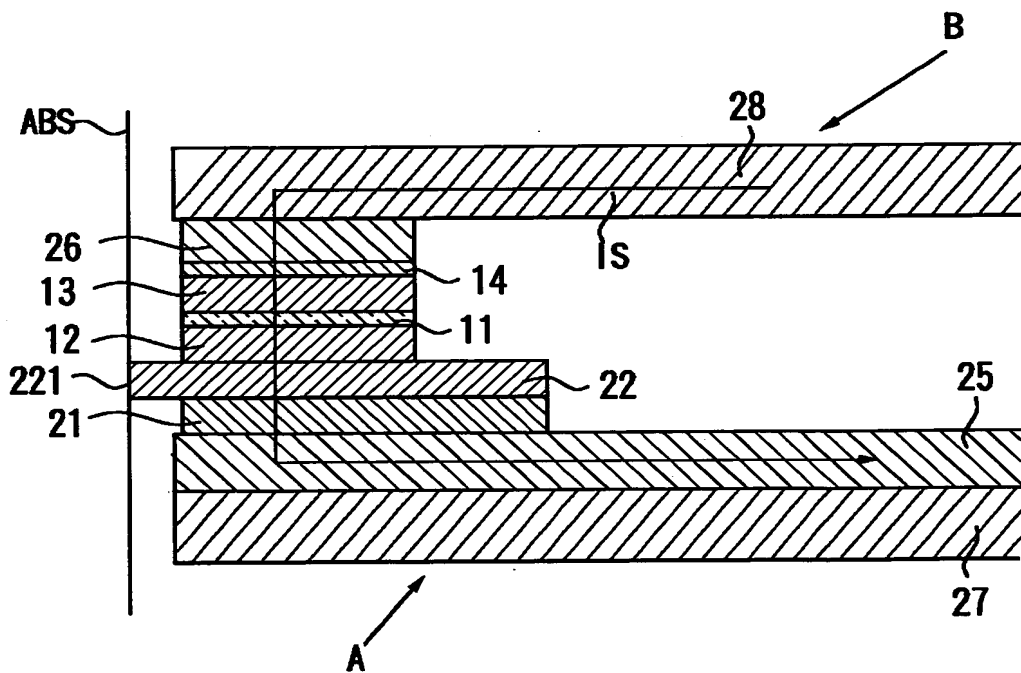
【図 8】



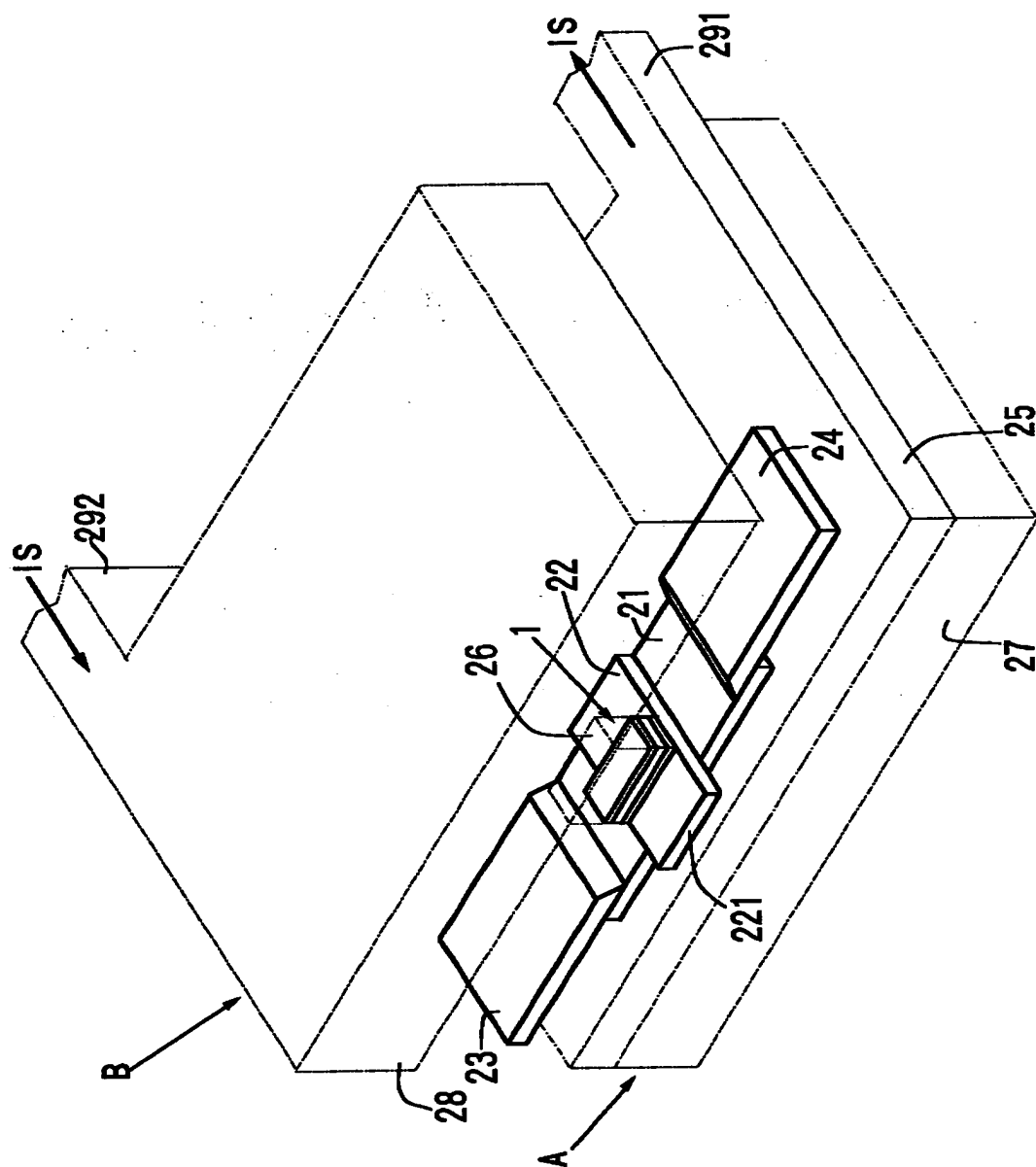
【図9】



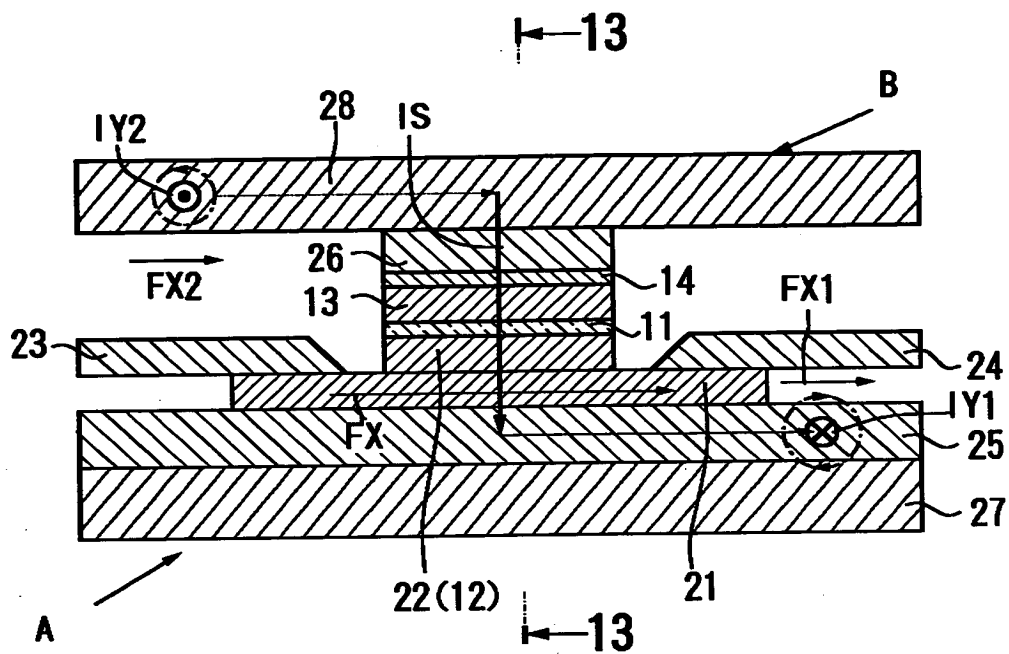
【図10】



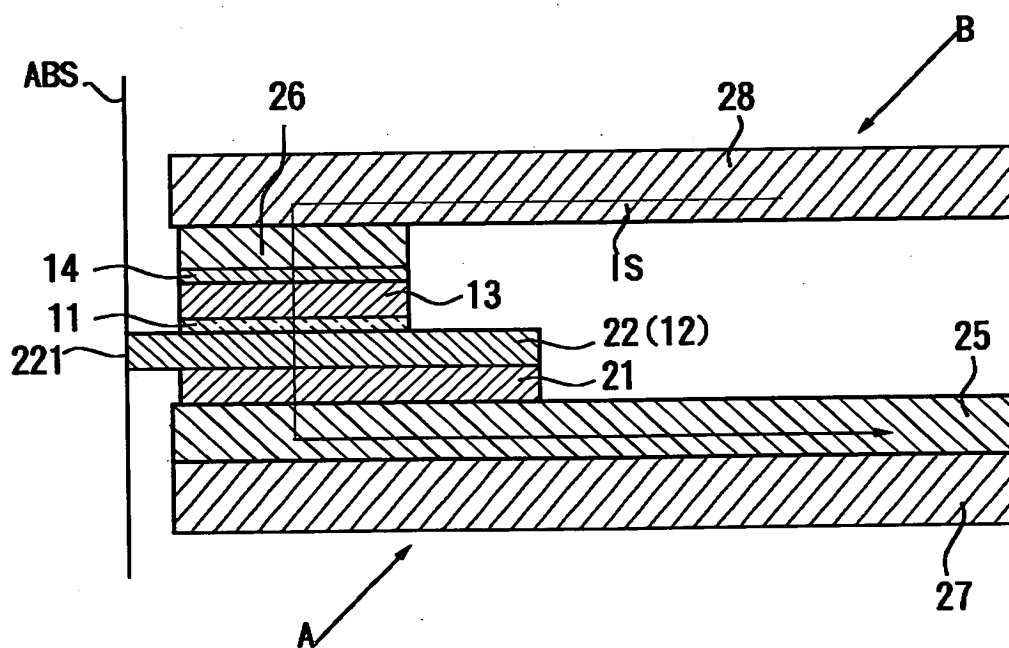
【図 11】



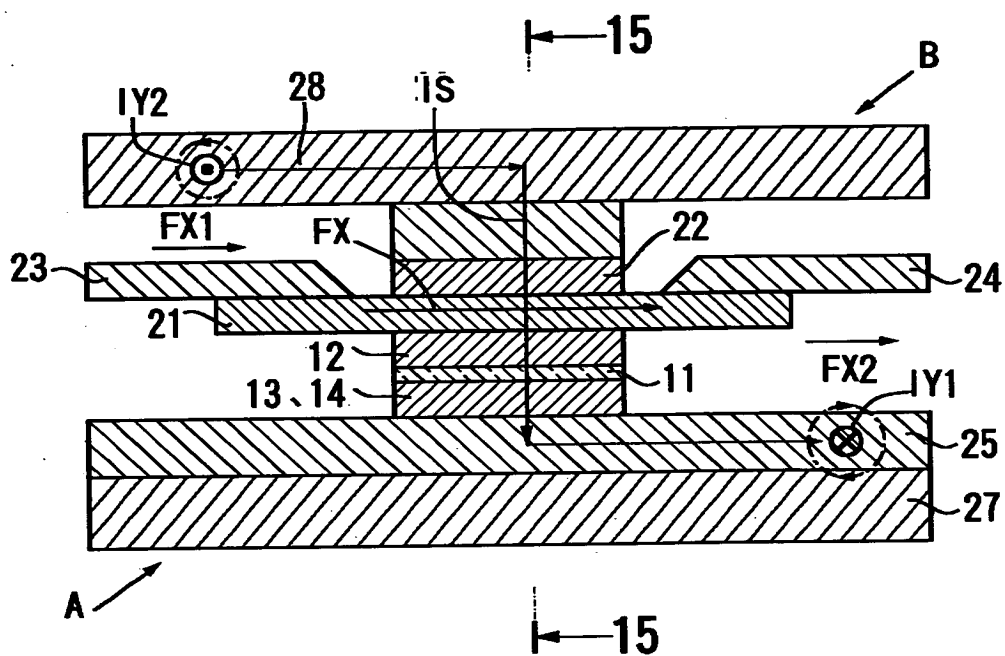
【图 1 2】



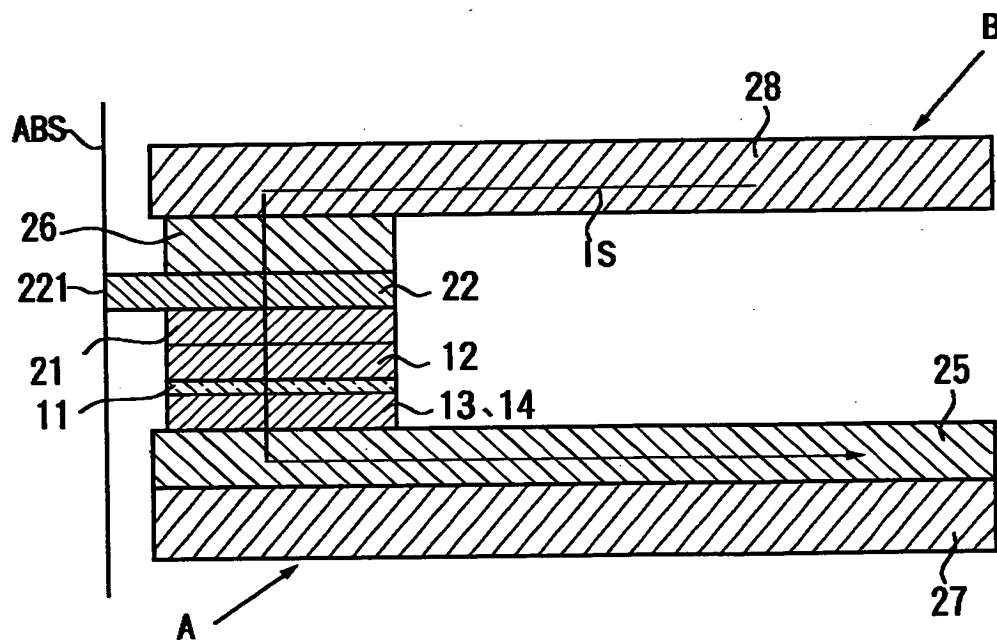
【図 13】



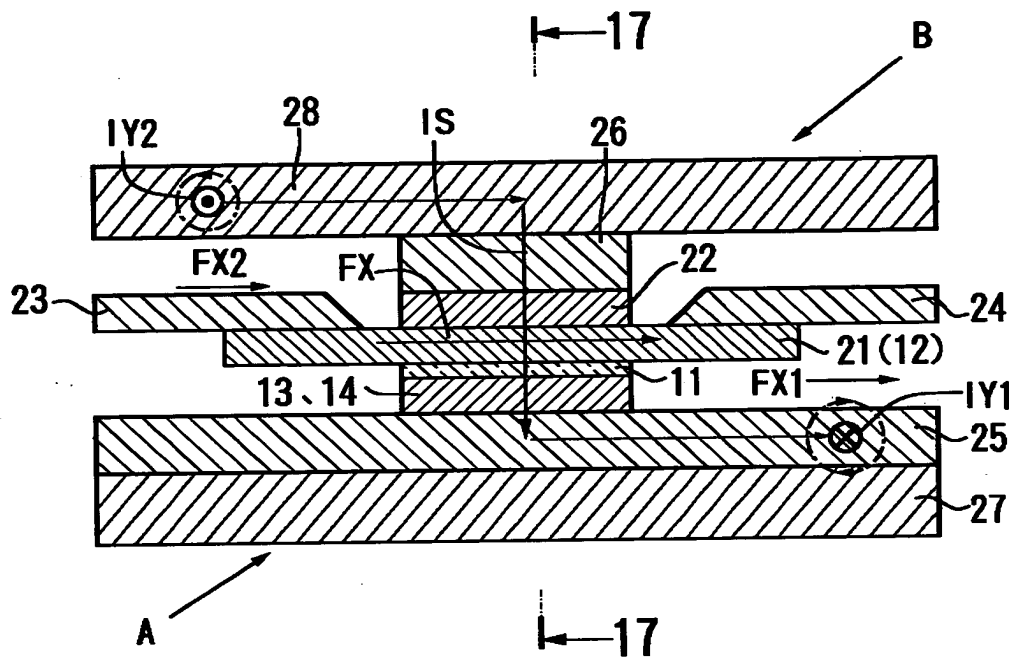
【図14】



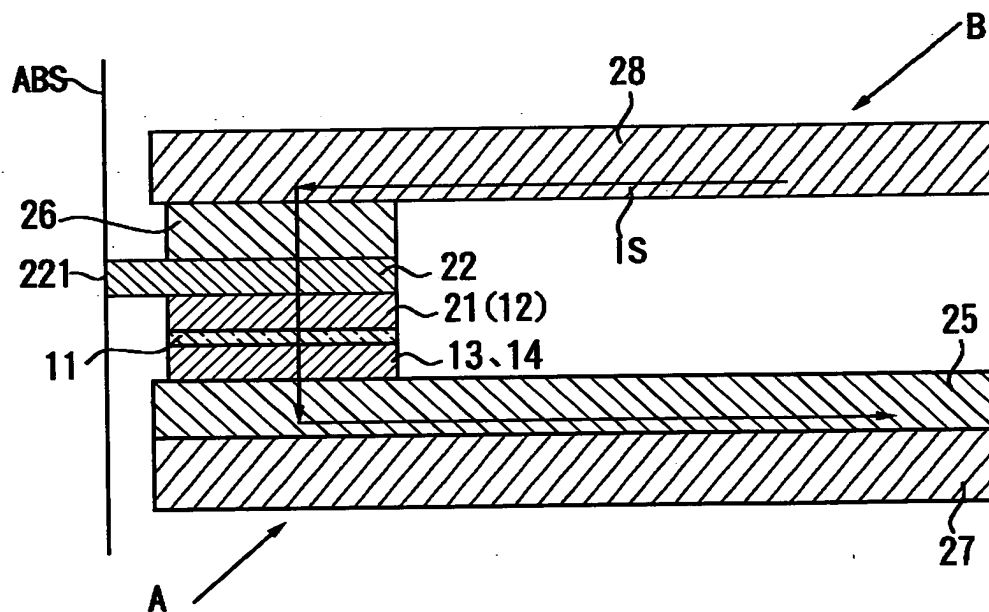
【図15】



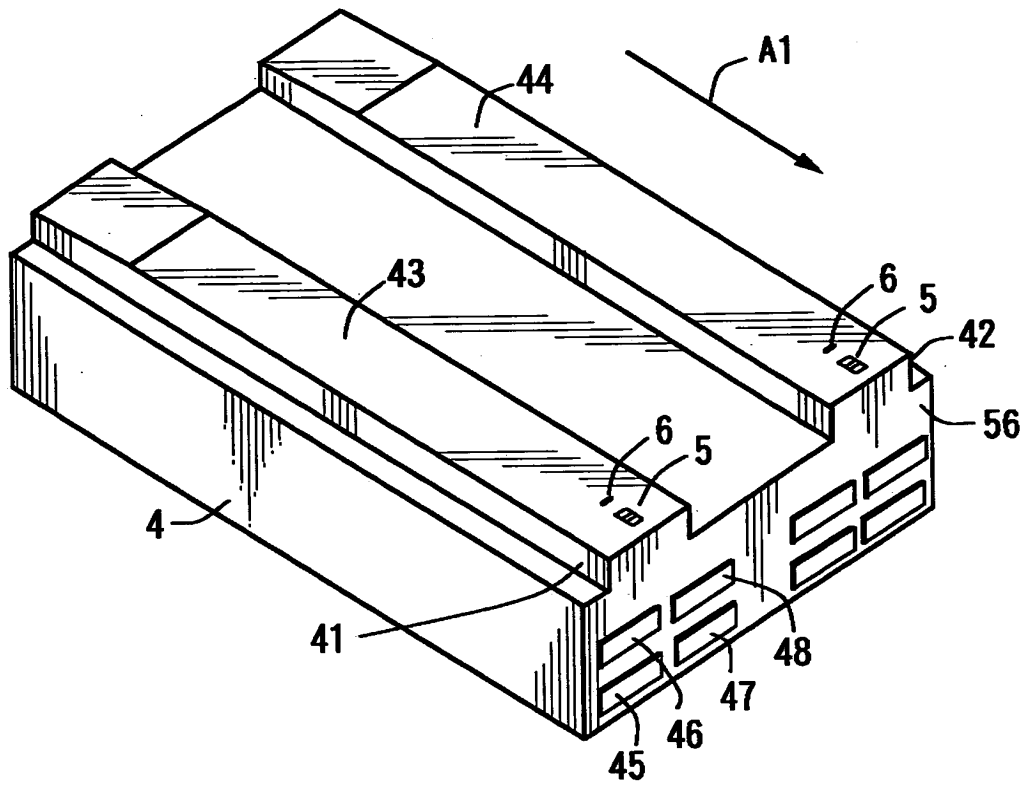
【图 16】



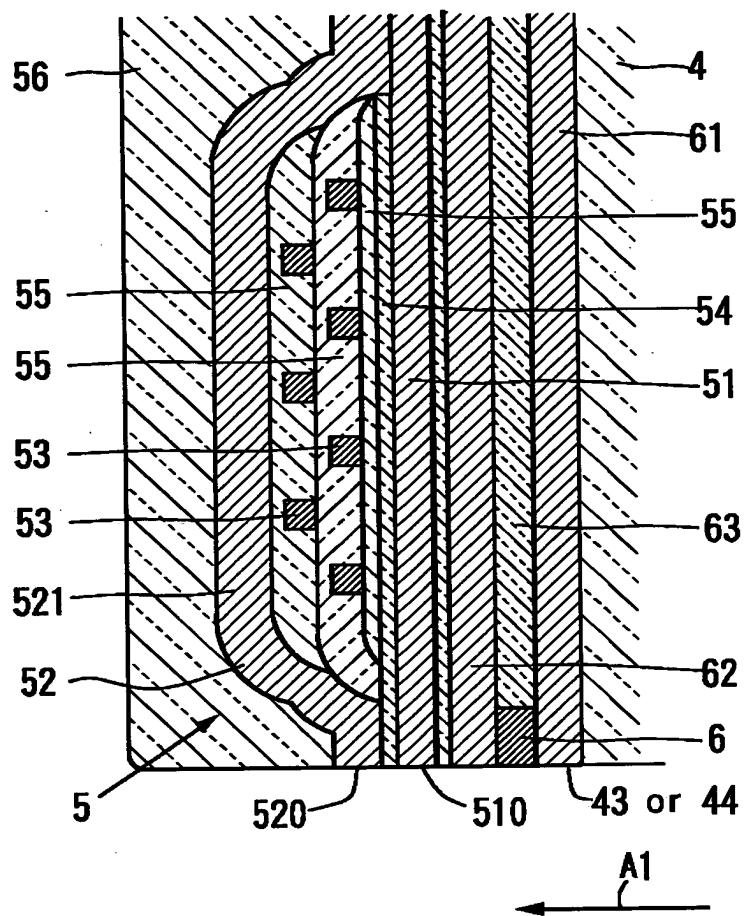
【図 17】



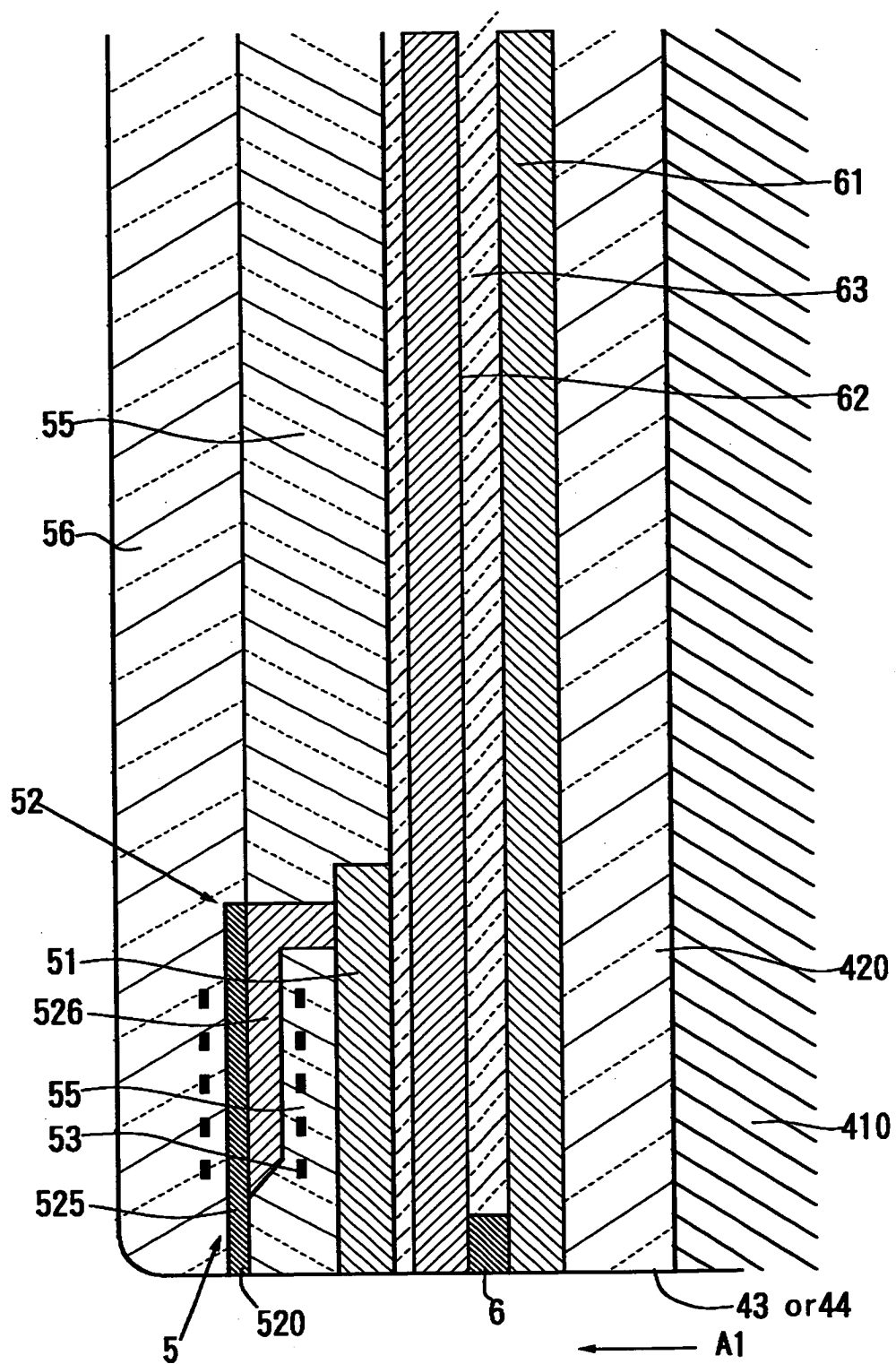
【図 1 8】



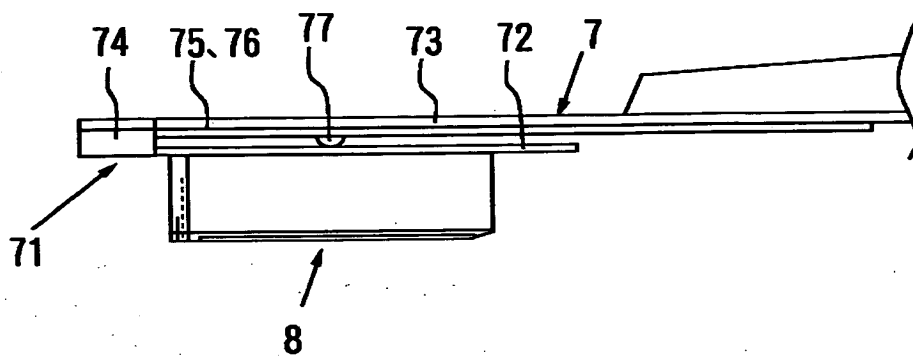
【図19】



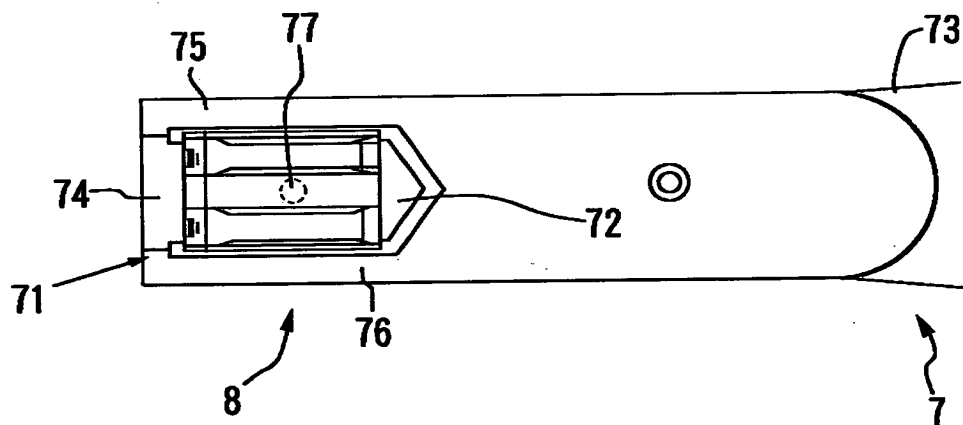
【図 20】



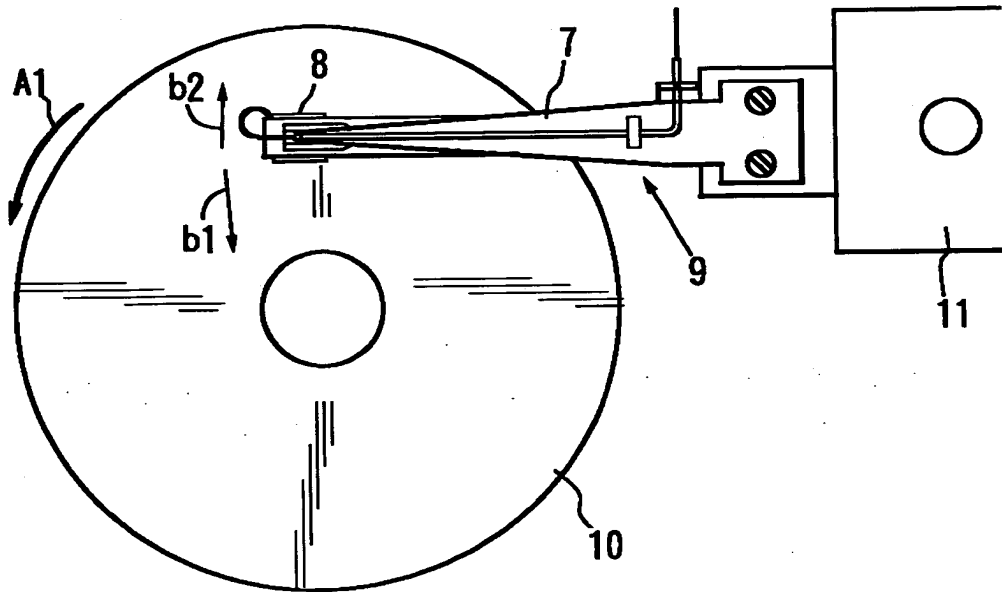
【図21】



【図22】



【図 2 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 フリー層に印加されるバイアス磁界を増強し得る TMR 素子を提供する。

【解決手段】 強磁性トンネル効果膜 1 は、トンネルバリア層 11 がフリー層 12 とピンド層 13 とによって挟まれた構造を有する。磁気バイアス手段 21、23、24 は、フリー層 12 にバイアス磁界 F_X を印加する。第 1 の導電層 A または第 2 の導電層 B の少なくとも一方は、自己に流れるセンス電流 I_S により、バイアス磁界 F_X と同一方向の磁界成分 F_{X1} 、 F_{X2} を生じさせる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003067]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都中央区日本橋1丁目13番1号
氏 名	ティーディーケイ株式会社